



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **MODUULIRAKENNUSTEN LVI-SUUNNITTELUOHJE**

Iida Mäkkylä

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Talotekniikan koulutus  
LVI-talotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutus  
LVI-tekniikka

MÄKKYLÄ, IIDA  
Moduulirakennusten LVI-suunnitteluohje

Opinnäytetyö 64 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Huhtikuu 2018

---

LVI-suunnitelmat laaditaan myös moduulirakennuksiin niin kuin muihinkin rakennuksiin. Moduulirakennusten LVI-suunnitelmat laaditaan tyyppikuvien pohjalta ja niissä tarvitsee ottaa huomioon monia suunnittelua rajoittavia tekijöitä. Kaikissa moduulijärjestelmissä on omat suunnitteluperiaatteet. Järjestelmäkohtaisia ohjeistuksia ei ole ennen laadittu, vaan suunnitelmat on tehty aikaisempien suunnitelmien ja suunnittelijoiden omien kokemusten perusteella. Tässä työssä tehtiin LVI-suunnitteluohje, koskien Cramo Adaption C80- ja C90-moduulijärjestelmiä.

Tämän työn tarkoituksena oli selkeyttää ja yhtenäistää suunnittelua sekä kerätä kokemusperäistä tietoa haasteellisista ja huomioon otettavista asioista yhteen paikkaan. Suunnitteluohje keskittyy ilmanvaihto- ja vesi- ja viemärisuunnitteluun ja niihin liittyviin järjestelmä- ja laitekuvauxiin. Lämmityssuunnittelun ei ole laaja, koska lämmitys on toteutettu pääsääntöisesti suoralla sähkölämmityksellä. Työssä kerrotaan myös, mitä haasteita ja mahdollisuuksia moduulirakentamisessa on ja millainen prosessi rakennusten suunnittelu ja asennus on.

Työn tuloksena syntynyt ohje antaa hyvät perusedellytykset moduulirakennusten LVI-suunnittelutyöhön. Suunnitelmien laatiminen on aina projektikohtaista, ja tämän ohje on siihen hyvä tuki. Ohje on hyödyllinen erityisesti aloitteleville suunnittelijoille tai niille, jotka eivät ole aikaisemmin olleet tekemisissä moduulirakennusten kanssa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
HVAC Building Services Engineering

MÄKKYLÄ IIDA  
HVAC Planning for Modular Buildings

Bachelor's thesis 64 pages, appendices 3 pages  
April 2018

---

HVAC planning is made for modular buildings as for other buildings. HVAC plans are drawn up based on standard designs. There are several factors and limitations that need to be taken into account in planning. All modular buildings have their own planning principles. System-specific instructions have not been drawn up earlier but the plans have been based on old designs and the designers' own experience. The HVAC planning instructions made in this thesis involve Cramo Adapteo C80 and C90 modular systems.

The purpose of this thesis was to clarify and standardize planning and collect experience-based data of challenging issues and considerations, in one place. Planning instructions focus on ventilation and water and sewage planning, and the related system and device descriptions. Heating is generally planned using direct electric heating so it has only a small role in this thesis. This thesis also describes the challenges and possibilities in modular buildings, as well as the process of installing.

The instructions made in this thesis provide good basic skills for the HVAC planning of modular buildings. These instructions give good support to the designer although the plans are always project-specific. They are especially useful for beginners and for those who have not been working with modular buildings before.

---

Keywords: HVAC planning, instruction, modular building, ventilation, water and sewage

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	MODUULIRAKENTAMINEN .....	9
2.1	Modulaarirakentaminen Suomessa .....	9
2.2	Moduulirakentamisen haasteet .....	10
2.3	Rakennuksen suunnittelu- ja toimitusprosessi .....	11
2.4	Maanrakennustyöt ja perustukset.....	13
2.4.1	Perustusohje .....	15
2.5	Moduulit.....	15
2.5.1	Perusmoduuli .....	18
2.5.2	Tekniikkamoduuli .....	18
3	MÄÄRÄYKSET JA LAIT.....	20
3.1	Väliaikaisia rakennuksia koskeva maankäyttö- ja rakennuslaki.....	20
3.2	Energiatohokkuusvaatimukset .....	20
4	LVI-SUUNNITTELUOHJE C80- JA C90-JÄRJESTELMÄÄN .....	21
4.1	Lähtötiedot suunnitteluun .....	21
4.2	Ilmanvaihto .....	22
4.2.1	Ilmanvaihtokoneet.....	24
4.2.2	Äänenvaimennus .....	31
4.2.3	C80-kanavisto ja päätelaitteet .....	32
4.2.4	C90-kanavisto ja päätelaitteet .....	35
4.3	Vesi- ja viemäri.....	37
4.3.1	KVV-suunnitelma .....	37
4.3.2	Käyttövesi .....	41
4.3.3	Jätevesi .....	45
4.4	Lämmitys ja jäähdytys .....	46
4.4.1	Vesikiertoinen kattolämmitys ja -jäähdytys.....	48
4.4.2	Vesi-ilmalämpöpumppu .....	49
4.4.3	Ilmanvaihdon jäähdytys .....	50
4.5	Tilakohtaiset erityistarpeet.....	50
4.5.1	Fysiikan ja kemian luokka .....	50
4.5.2	Kotitalousluokka .....	51
4.5.3	Teknisen työn luokka .....	51
4.5.4	Kuraateinen .....	52
4.5.5	Käytävät .....	52
4.5.6	Päiväkodin lepo- ja leikkihuone.....	53
4.5.7	WC-tilat.....	53

4.5.8 Keittiö ja ruokasali .....	54
5 KEHITYSIDEOITA.....	55
6 POHDINTA.....	57
LÄHTEET.....	59
Liite 1. Ilmavirtataulukko.....	62
Liite 2. Muistilista C80 & C90 – järjestelmän ilmanvaihto- ja vesi- ja viemärisuunnitteluun .....	63
Liite 3. Venttiilien säätökäyrät .....	64

## ERITYISSANASTO

Kontti	kuljettamiseen ja säilyttämiseen tarkoitettu tila
Moduuli	Moduuli on rakennuksen itsenäinen osa, joita yhdistelemällä voidaan koota isoja rakennuskokonaisuuksia
Moduulirakentaminen	Rakentaa rakennuksia moduuleita yhdistelemällä
Moduulitila	Moduuleista rakennettu tila
Parakki	Työmaatila
Siirtokelpoinen	Rakennus on yleensä yksi- tai kaksikerroksinen rakennus, joka voidaan siirtää paikasta toiseen.
Silotek	Tekniikkakuilu C80-järjestelmässä
Tekniikkakuilu	Koteloitu tila, jossa kaikki talotekniikka kulkee samassa paikassa
Tekniikkamoduuli	Moduuli, jossa on suurin osa rakennuksen tekniikasta
Viipale	Moduuli eli itsenäinen osa
Väistötila	Tila, johon jokin toiminta siirretään, yleensä väliaikainen ratkaisu

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää LVI-suunnitteluohje Cramo Adapteon moduulirakennusten suunnittelun avuksi. Työn liitteeksi tulee muistilista huomioon otettavista asioista suunnitteluprosessin alusta sen loppuun asti. Tavoitteena on selvittää ja perehtyä erityisesti niihin kohtiin ja haasteisiin, jotka poikkeavat muiden rakennusten LVI-suunnittelusta.

Moduuleissa on vakiosuunnitelmien mukaiset LVI-järjestelmät asennettu talotehtaalla valmiiksi. LVI-suunnittelijan tehtävänä on suunnitella, miten LVI-järjestelmien osat liitetään yhteen, tarkistaa riittävätkö ne käyttäjille ja tarkastella niiden toimivuutta. LVI-järjestelmät tulee suunnitella niin, että jo olemassa olevien vakiosuunnitelmien mukaiset LVI-järjestelmien rakenteet pysyvät mahdollisimman alkuperäisenä.

Työssä esitellään erilaisia kohteita, joihin moduulirakennuksia voidaan käyttää ja niihin liittyviä erityisvaatimuksia LVI-suunnittelun kannalta. Moduulirakennuksia käytetään usein kouluina ja päiväkodeina. Muita käyttökohteita voivat olla esimerkiksi toimistot, seurakunnan tilat, terveyskeskukset ja hammashoitolat, neuvolat sekä varuskunnan tilat ja myymälät. Ohje tehdään Cramo Adapteon C80- ja C90-moduulijärjestelmiin. Pääosin näitä järjestelmiä Cramo Adapteo vuokraa tällä hetkellä. Työssä kehitetystä ohjeesta on hyötyä erityisesti uusille suunnittelijoille ja niille, jotka eivät ole aikaisemmin olleet tekemisissä moduulirakennusten kanssa.

Työtä aloittaessa eivät olleet vielä voimassa Suomen rakentamismääräyskokoelman korvaavat uudet asetukset. Työssä viitataan vanhoihin rakennusmääräyskokoelman osien D1, D2, D3 ja D5 määräyksiin ja ohjeisiin. Uudet ympäristöministeriön asetukset tulivat voimaan 1.1.2018 ja niitä tulee jatkossa noudattaa. Uusien asetusten tueksi on julkaistu sisäilmasto- ja ilmanvaihto-opas osana Talotekniikkaoppaat-hanketta (Sisäilmasto- ja ilmanvaihto-opas, Talotekniikkainfo 2018). Lisäksi FINVAC on laatinut kaksi opasta ilmanvaihdon mitoittamiseen, asuinrakennusten ja muiden kuin asuinrakennusten suunnitteluun. Vesi- ja viemärlaitteet- sekä Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus-opas tullaan julkaisemaan myöhemmin vielä tänä vuonna. Sekä vanhoja ohjeita, että uusia suosituksia voi käyttää päällekkäin suunnittelun apuna, kun huomioi, että uudessa asetuksessa olevat määräykset täyttyvät. (Suomen LVI-liitto 2017).

Opinnäytetyön tilaajana ovat Insinööritoimisto AX-LVI Oy ja Cramo Adapteo. AX-LVI Oy tekee rakennus- ja teollisuus-LVI-suunnittelua. Rakennus-LVI on keskittynyt julkisiin rakennuksiin ja pitää huolen siitä, että myös rakennuksen sähköt, automatiikka ja turvallisuustekniikka toimivat lämmön, veden ja ilmastoinnin kanssa käsi kädessä (AX-suunnittelu, LVI). Cramo Adapteo on osa Cramo Oyj:tä. Cramo Oyj tarjoaa kone- ja laitevuokrauspalveluja, sekä vuokraa siirtokelpoisia tiloja. Cramo Adapteo on keskittynyt vuokraamaan siirtokelpoisia väistötiloja ja lisätiloja. Cramo Adapteo suunnittelee, asentaa ja purkaa tilat. Tilat voidaan vuokrata tai mahdollisesti myös myydä pysyvästi asiakkaalle. Tiloja voidaan yhdistellä ja muunnella monin eri tavoin. Cramo Adapteo toimii Suomen lisäksi myös Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa, Saksassa ja Liettuassa. (Cramo Adapteo, Cramo Group).



## 2 MODUULIRAKENTAMINEN

Moduulirakentaminen tarkoittaa rakennusten kokoamista yhdistelemällä erilaisia valmiita moduuleita. Moduuleita voi olla useassa kerroksessa. Suomessa tehdään 1-3 kerroksisia rakennuksia. Kuvassa 1 näkyy 2-kerroksinen C80-järjestelmän koulurakennus. Moduulit tulevat tehtaalta tai välivarastolta valmiina työmaalle, jossa ne nostetaan perustusten päälle ja liitetään toisiinsa. Maanrakennustyöt, perustukset ja rakennuksen ulkopuoliset vesi- ja viemäriasennukset, sekä sähkötyöt tehdään ennen moduulien asennusta. Väliaikaista, siirrettävää rakennusta käytetään usein, kun varsinaista rakennusta korjataan tai sen tilalle rakennetaan uusi korvaava rakennus. Silloin rakennuksessa oleva toiminta tarvitsee siirtää väliaikaisesti muualle ja moduulirakennuksen vuokraus on ratkaisu siihen. Rakennukset ovat yleensä asiakkaalla vuokralla 2-5 vuotta.



KUVA 1. Hyökkälän koulun väistötilat (Cramo Adapteo 2017)

### 2.1 Modulaarirakentaminen Suomessa

Modulaarirakentaminen on yleistynyt Suomessa viime vuosien aikana paljon. Kysyntä on lähtenyt kasvuun vuodesta 1999 alkaen ja sen jälkeen kasvu on jatkunut tasaisesti (Kontinen 2014). Yhä useampia kouluja ja päiväkoteja saneerataan sisäilmaongelmien vuoksi. Sisäilmaongelmat voivat johtua monista asioista, mutta yleensä syy on se, että vanhoissa rakennuksissa on puutteellinen ilmanvaihto ja talotekniset järjestelmät ovat käyttökänsä

päässä ja rakennuksissa on mikrobivaurioita (Mölsä S. 2017, Rakennuslehti). Moduulirakennukset korvaavat kouluja ja muita rakennuksia yhä useammin. Usein vanhaa rakennusta yritetään korjata viimeiseen asti ongelmien paljastumisen jälkeen, mutta kun sitä ei saada kuntoon, on pakko keksiä nopeasti uusia ratkaisuja. Erityisesti kouluja tarvitaan nopealla aikataululla. Usein niiden suunnittelu- ja rakennusaika on vain muutamia kuukausia kesällä ennen syyslukukauden alkamista.

Suomessa suurimpiin moduulirakennusten toimittajiin kuuluvat Cramo Adapteo ja Parmaco Oy. Suomessa toimii myös useita edellisiä pienempiä yrityksiä, jotka vuokraavat siirtotiloja. Alalla ei ole suurta kilpailua, varsinkaan isommissa kohteissa, joissa vain suurimmat toimijat pystyvät täyttämään rakennuksen tarvittavat vaatimukset. Lahden kaupungin toimitilajohtaja Mauri Koistinen toivoo Keskisuomalainen-lehdessä (4/2017), että alalla olisi nykyistä enemmän tiloja tarjoavia yrityksiä ja kilpailua. (Säynäjäjärvi 2017, Keskisuomalainen).

## **2.2 Moduulirakentamisen haasteet**

Moduulirakentamisessa kohdataan usein haasteita. Rakennustontit ovat usein pieniä ja sijaitsevat keskellä jo rakennettua asuinalueetta tai kaupungin keskustaa. Rakennuspaikka voi olla esimerkiksi vanhan koulun hiekkakenttä tai yrityksen pihassa oleva alue. Yleensä suurta vapaata tilaa rakennukselle on vaikea löytää ja rakennuksen tarve on keskeisellä paikalla. Tarvittaessa moduulirakennukset rakennetaan useaan kerrokseen.

Moduulien tarkoitus on täyttää käyttäjän tarpeet. Ne voivat olla kompakteja ja mahdollistaa monia toimintoja tiiviisiin tiloihin. Haastavinta tekniikan suunnittelussa ja sijoittelussa on se, että sille on erityisen vähän tilaa. Kaikkiin moduuleihin on suunniteltu vakioratkaisut. Lopullisessa rakennuksessa ne kuitenkin hieman vaihtelevat käyttötarkoituksen, käyttäjämäärän ja rakenteellisten ratkaisuiden mukaan. Muutoksia joudutaan lähes aina tekemään, jotta rakennukset olisivat juuri tietyille käyttäjille sopivat. Sen takia kaikista kohteista tehdään kohdekohtaiset LVI-suunnitelmat.

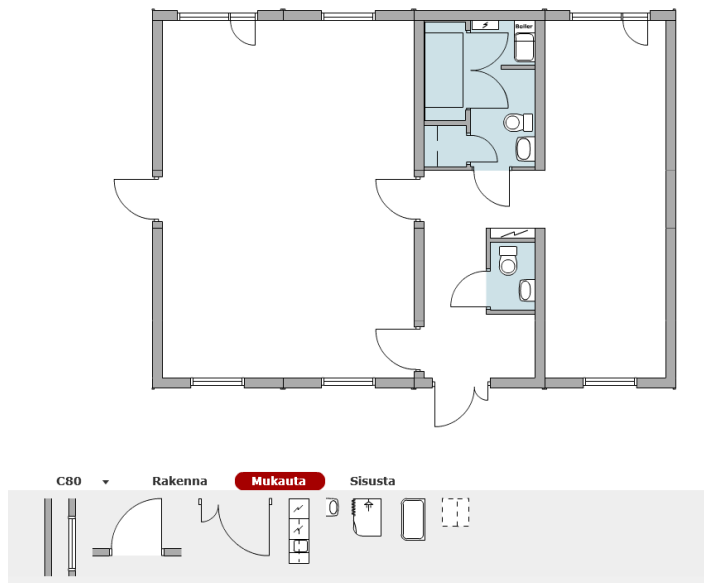
Rakennuksiin tulee yleensä vähintään yksi tekniikkamoduuli ja suuriin rakennuksiin niitä tarvitaan useita. Kaikki muutokset, niin rakenteellisesti kuin LVI-tekniikan kannalta, vievät aikaa ja lisää kustannuksia, joten niitä pyritään välttämään. Moduulien elinkaari jatkuu asiakkaalta toiselle eri kohteisiin, joten moduulirakennusta ei suunnitella vai yhtä

asiakasta varten. Moduulien tulisi sopia toiminnoiltaan myös tuleviin kohteisiin ja tulevien asiakkaiden tarpeisiin. Vaikka tekniikka pyritään suunnittelemaan kuinka hyvin tahansa, saattaa käyttäjien tarpeet rakennuksessa, tai käyttäjämäärät, muuttua viimehetkillä. Tilojen pienen vuoksi ei yleensä tekniikkaa, esimerkiksi ilmanvaihtoa tai vesipisteitä, voida kuitenkaan mitoittaa yli suunniteltujen tarpeiden.

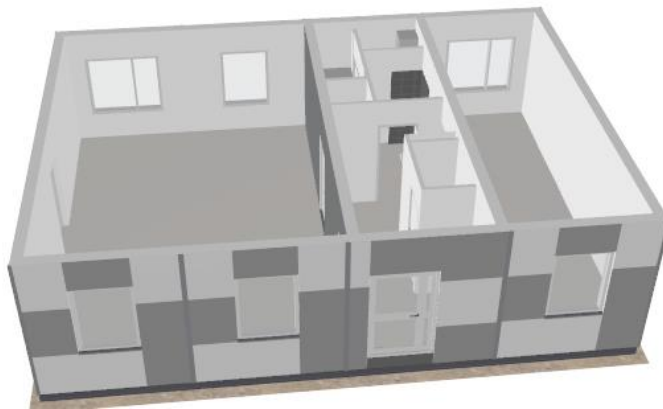
Moduulirakennuksilla on yleensä nopea toimitusaika. Tarvittavien lähtötietojen saaminen suunnittelijalle ajoissa voi olla haasteellista. Varsinkin erikoistiloja, kuten esimerkiksi teknisen työn tai fysiikan ja kemian luokan, lähtötiedot olisivat tärkeää olla suunnittelijalla jo hyvissä ajoin. Suunnittelijalle haastetta tuo sovittaa suunnittelutyö nopealla aikataululla jo olemassa olevan työkuorman sekaan. Lyhyen suunnitteluajan lisäksi, lupaprosessille jää myös vain vähän aikaa.

### **2.3 Rakennuksen suunnittelu- ja toimitusprosessi**

Cramon kotisivulla on Internet-selaimessa toimiva Cramo Draw-suunnitteluohjelma, joka toimii tällä hetkellä (4/2018) sivujen päivitysten takia parhaiten Ruotsin Internet-sivuilla osoitteessa [www.cramoadapteo.se](http://www.cramoadapteo.se). Ohjelmasta löytyy Suomen sivuilta [www.cramoadapteo.fi](http://www.cramoadapteo.fi) C80-järjestelmän moduulimallit ja Ruotsin sivuilta C100-, C90- ja C40-järjestelmien moduulimallit. Jatkossa Cramo Draw-ohjelmalla voidaan suunnitella kaikkia kyseisessä maassa käytössä olevia moduulijärjestelmiä. Ohjelmalla asiakas voi suunnitella luonnoksen esimerkiksi koulusta, päiväkodista tai toimistorakennuksesta yhdistelmällä moduuleja. Näin asiakas saa hyvän käsityksen, minkälainen rakennus voisi olla. Käyttäjällä on mahdollisuus lisätä ohjelmassa erikseen väliseiniä ja kiintokalusteita. Mallia voi katsoa ja pyöritellä kolmiulotteisesti. Ohjelmalla tehtyjä kuvia voidaan käyttää tarjouskuvina, mutta ne eivät ole virallisia rakennuslupakuvia (kuva 2 ja 3).



KUVA 2. Cramo Draw-suunnitteluohjelma C80-järjestelmä (Cramo Adapteo, Cramo Draw-ohjelma)



KUVA 3. Cramo Draw 3D-malli C80-järjestelmä (Cramo Adapteo, Cramo Draw-ohjelma)

Cramo Adapteon suunnittelija suunnittelee yhdessä asiakkaan kanssa käyttäjälle sopivat tilat asiakkaan kriteereiden ja toiveiden mukaan. Tilojen suunnittelua rajoittavia tai muokkaavia tekijöitä ovat esimerkiksi tontin koko ja maaperä, rakennusmääräykset sekä asiakkaan budjetti ja tilojen lopullinen käyttäjämäärä. Cramo Adapteon arkkitehti tai rakennussuunnittelija suunnittelee rakennuksen pohjan ja tekee rakennuksen lupakuvat. Cramo Adapteo hoitaa myös rakennuksille LVI-suunnittelijan laatimat ilmanvaihto- ja vesi- ja viemärisuunnitelmat, sekä tarvittaessa myös lämmityssuunnitelmat, jos kyseessä on muu, kuin suora sähkölämmitteinen rakennus. Sähkösuunnittelija suunnittelee sähkösuunnitelmat. Erikoissuunnitelmia voidaan tarvita joskus myös vain asennusta varten.

Mitä aikaisemmin projektin suunnittelu aloitetaan ja mitä enemmän projektiin varataan aikaa, sitä paremmat ja toimivammat tilat pystytään tarjoamaan ja toimittamaan. Kuten pysyvissäkin rakennuksissa, hyvä suunnittelu on kokonaisuuden onnistumisen kannalta tärkeää. Jos asiakas on eri kuin rakennuksen loppukäyttäjä, saattaa asiakkaalla ja käyttäjällä olla eri näkemykset tarvittavista toiminnoista rakennuksessa. Suunnittelijan on hyvä ottaa huomioon rakennuksen käyttötarkoitus ja lopulliset käyttäjät, vaikka he eivät olisi olleet mukana tilojen suunnittelussa.

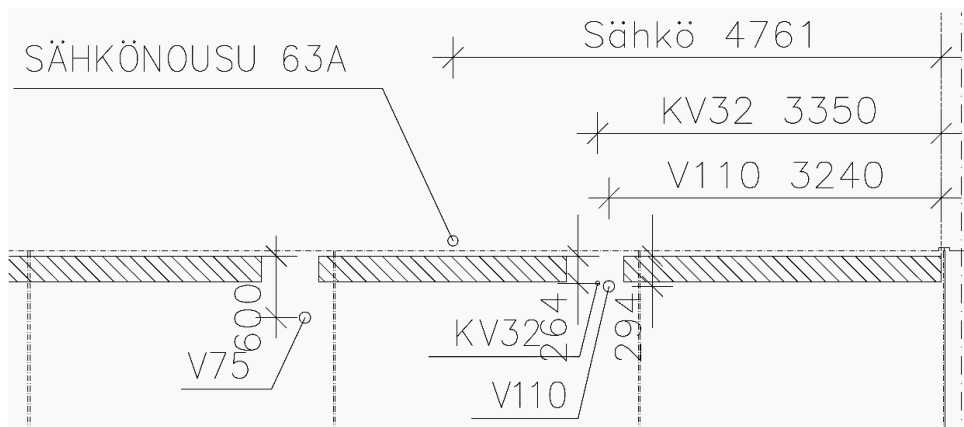
Kun tilat on suunniteltu ja tarvittavat kuvat suunnittelija laatinut, haetaan rakennukselle rakennuslupaa, kuten pysyvillekin rakennuksille. Rakennuslupan saatua, voidaan tontilla aloittaa maanrakennustyöt. Sen jälkeen alkaa sopivien moduulien valitseminen kohteeseen ja niiden tarvittavat muutostyöt sekä varustelu. Moduulien varusteluun kuuluu esimerkiksi väliseinien rakentaminen, akustiikkalevyjen tai uusien vesipisteiden asennus, vedeneristysten, lattiakaatojen ja läpivientien teko ja paljon muuta. Moduuleita voidaan myös varastoida väliaikaisesti. Uudet moduulit tulevat suoraan tehtaalta työmaalle.

## **2.4 Maanrakennustyöt ja perustukset**

Halutessaan ja niin sovittaessa asiakas voi itse hoitaa rakennuslupan hakemisen, maanrakennustyöt ja perustukset rakennukselle. Cramo Adapteo voi myös hoitaa kaiken ns. kokonaisvastuurakentamisen- eli KVR-urakkana. KVR-urakoinnissa rakennustyötä tilaavalla yhtiöllä on lähtökohtaisesti yksi rakennusteknisiä töitä suorittava sopimuskumppani ja suunnitelma-asiakirjoista vastaa urakoitsija (Rakentamisen eri toteutustapoja 2014, Rakentaja.fi).

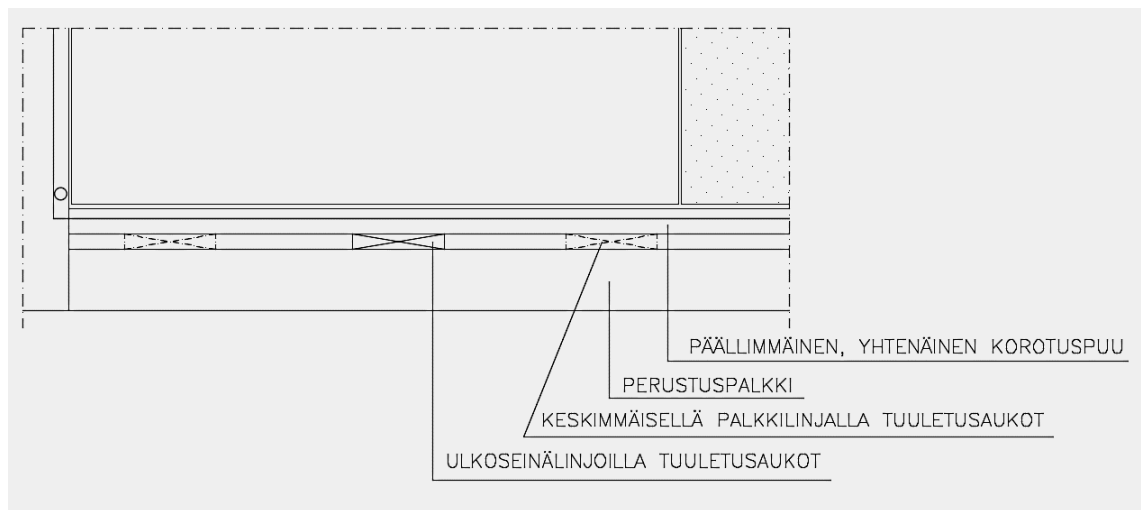
Myös moduulirakennuksia varten tulee tehdä tontille ensin maanrakennustyöt ja perustukset. Koska moduulirakennukset eivät palvele kiinteistön käyttöä pysyvästi ja ne pystytetään vain väliaikaisesti, ne eivät tarvitse kiinteitä perustuksia. Moduulirakennukset ovat helposti purettavissa ja siirrettävissä, sekä ne viedään pois kiinteistöltä väliaikaisen käytön päätyttyä tai viimeistään tontin vuokrasopimuksen päättyessä tai kun rakennusluvassa määritelty aika on kulunut umpeen. (Konttiasunnot ja -rakennukset kiinteistöverotuksessa, 2017).

Maanrakennustöiden suuruus riippuu tontin mallista ja maaperästä. Rakennusten perustukset tehdään valmiiksi tontille ja niiden päälle nostetaan moduulit yksi kerrallaan. Perustukset voidaan tehdä esimerkiksi asentamalla betonipalkkeja tasoitetun maapohjan päälle. Perustuspalkit voivat olla myös teräspalkkeja tai lyöntipaaluja. Perustuspalkit mitoitetaan siten, että rakennuksen alla olevat vesijohto- ja viemärinousut saadaan asennettua ja huollettua rakennuksen ulkopuolelta (kuva 4). Rakennuksen ulkonurkkien alla täytyy kuitenkin aina olla perustuspalkki. Jos perustuksiin ei ole jätetty aukkoja, tarvitsee rakennuksen alle kaivaa ryömintätila asennuksia varten. Ryömintätila tulee olla vähintään 800 mm korkea ja putkistojen kohdalla sen suositellaan olevan 1200 mm. (Alapohjarakenteita 2010, RT-kortti 83–11009).



KUVA 4. Perustuspalkkien väliin on jätetty aukot vesi-, viemäri- ja sähköasennuksia varten (perustusohje 2016, Lielahden koulun laajennus 2016, AX:n arkisto)

Jotta moduulien alapohjat tuulettuvat, tulee ilman päästä kiertämään alapohjan alla. Perustuspalkkien päälle asennetaan puut, joissa on aukkoja ilmankiertämistä varten (kuva 5). Tuuletusaukot tehdään rakennesuunnittelijoiden ohjeiden ja suunnitelmien mukaan. Alapohjan tuulettuminen on erityisen tärkeää, jotta kosteus ei pääsisi rakenteisiin. Jos asiakas hoitaa itse maanrakennus- ja perustustyöt, tulee hänelle lähettää perustusohje ja muistuttaa tuuletusrakojen jättämisestä. Rakennus tarvitsee pysyvän rakennuksen tavoin myös vesi- ja viemäriliittymät, sekä sähkö- ja atk-kaapeloinnit tontille.



KUVA 5. Perustuspalkkien päälle asennettavien puiden tuuletusaukot (Hyökkälän koulu 2017, AX:n arkisto)

### 2.4.1 Perustusohje

Perustusohje tehdään varsinaisen perustussuunnitelman ohjeeksi. Perustusohjeesta näkee perustuspalkkien mitat ja sijoitukset. Myös portaat ja pilarit tarvitsevat perustukset. Perustusohjeessa näkyvät viemäreiden, myös tuuletusviemärin, vesijohtojen ja sähkökaapeleiden koot ja nousukohdat, sekä niiden etäisyydet perustuspalkkeihin nähden. Jos rakennuksessa on useampi kerros, on perustusohjeeseen merkattu myös viemäreiden nousut, sekä vesijohtojen ja sähkökaapeleiden ketjutusliitännät ylempiin kerroksiin. Ohjeessa on myös piirretty mahdollinen ryömintätila alapohjan alle.

## 2.5 Moduulit

Cramo Adapteolla on käytössä useita moduulijärjestelmiä. Tässä työssä käsitellään C80- ja C90-moduulijärjestelmiä. Molemmissa järjestelmissä on koneellinen ilmanvaihto, sähkövastuksella toimivat lämminvesivaraajat ja suurimmaksi osaksi suora sähkölämmitys pattereilla. Rakennuksissa voidaan käyttää lisäksi myös ilmalämpöpumppuja lämmitykseen ja jäähdytykseen. Osassa C80-järjestelmiä lämmönjakotapana ovat vesikiertoiset kattosäteilijät. Niitä voidaan käyttää myös jäähdytykseen, jos lämmönlähteenä on vesilämpöpumppu. Yleensä jäähdytys tapahtuu kuitenkin ilmanvaihdon kautta, jos ilmanvaihtokoneessa on jäähdytysyksikkö. Osassa C90-järjestelmää on vaihtoehtona käyttää myös vesikiertoista patterilämmitystä. Myös kaukolämpö voi olla lämmönlähteenä vesikiertoisissa lämmityksissä.

C80-järjestelmä on Cramon Suomessa kehittämä, 2011 vuodesta lähtien käytössä ollut moduulijärjestelmä. C90-järjestelmä on ollut aikaisemmin Ruotsissa käytössä ja se on modifioitu Suomen markkinoille ja määräyksille sopivaksi vuonna 2017. C90-järjestelmää tullaan jatkossa käyttämään nykyistä enemmän myös Suomessa. Molempiin järjestelmiin kuuluu useita moduulityyppejä, joita tulee koko ajan lisää.

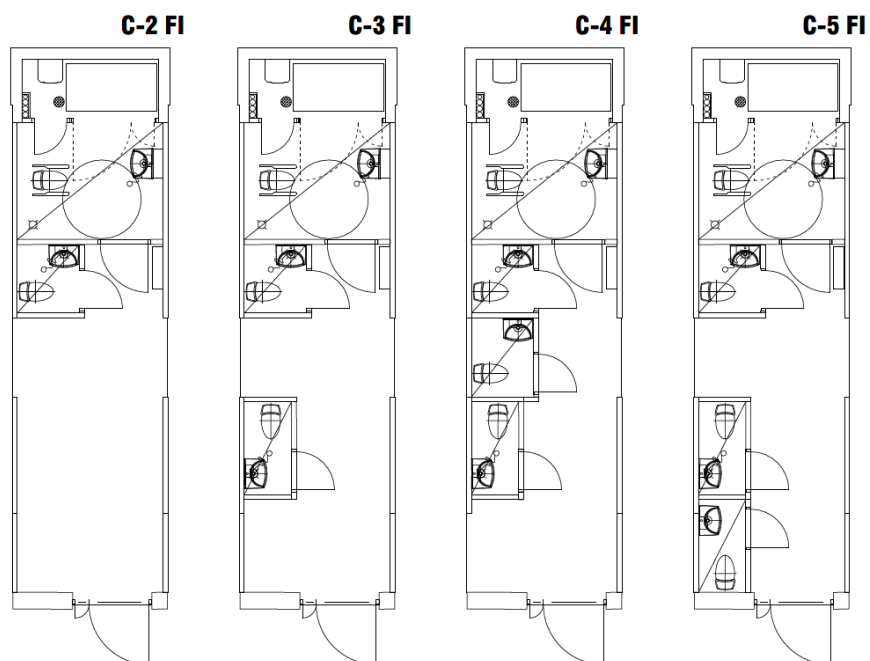
Moduulirakennus kootaan yksi moduuli kerrallaan. Moduulit on jaettu erilaisiin tyyppeihin, niiden rakenteellisen mallin ja toiminnan perusteella. Rakennus koostuu perus-, tekniikka-, porras-, sosiaalitila-, keittiö- ja kuraeteismoduuleista. Kuvassa 6 on C80-järjestelmän erilaisia moduulityyppejä ja kuvassa 7 osa C90-järjestelmän tekniikkamoduuleita. C80 perusmoduulielementin leveys on 3 metriä ja syvyys 8,6 metriä, eli yhden moduulin pinta-ala on 25,8 m<sup>2</sup>. C90-järjestelmässä perusmoduulielementin leveys on 2,9 metriä ja syvyys 11,3 metriä, eli moduulin pinta-alaksi tulee 32,8 m<sup>2</sup>.

Moduulien perusrakenne pysyy aina samana, mutta käyttäjiä varten tehdään tarvittaessa muutoksia, jotta rakennus olisi käyttäjille toimiva. Valmiita moduuleita on useita erilaisia. Moduulin malliin vaikuttaa sen ulko- ja sisäseinien paikat. Moduulin rakenne vaihtelee sen käyttötarkoituksen mukaan. Myös moduulin sijoituspaikka rakennuksessa vaikuttaa sen rakenteeseen. Erikseen ovat perusmoduulit ja tekniikkamoduulit. C80-järjestelmässä käytetään siirtoseiniä moduuleiden sisällä jakamaan erilaisia tiloja, kuten huoneita ja sivukäytäviä. Siirtoseinät koostuvat useasta erilaisista paloista ja paloja yhdistelemällä saadaan rakennettua halutun lainen seinä. Joskus rakennuksiin asennetaan myös ”haitariseiniä” tai tilanjakajaverhoja. Väliseiniä voidaan rakentaa myös paikan päällä perinteiseen tapaan yhtenä osana. Näistä eri osista kootaan asiakkaalle sopivan kokoinen ja toimiva rakennus.





KUVA 6. C80-järjestelmän moduulityypit A-I. (Cramo Adapteo, Cramo Draw-ohjelma)



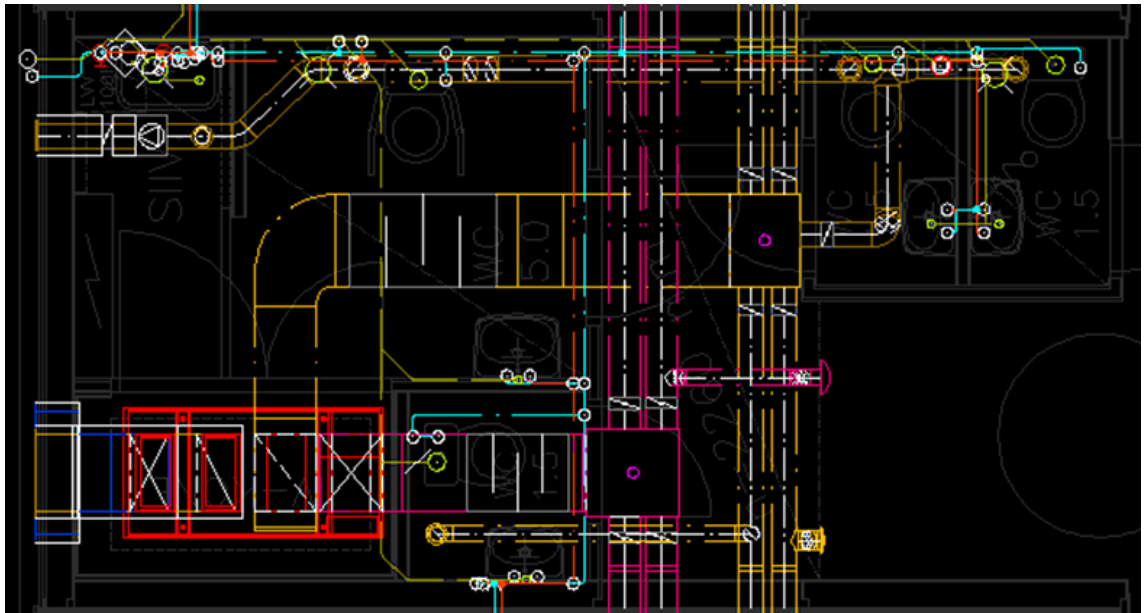
KUVA 7. Suomen C90-järjestelmän tekniikkamoduulit C2-C5. (Cramo Adapteon arkisto 2017)

### **2.5.1 Perusmoduuli**

Perusmoduulin ikkunalliset ulkoseinät, eli lyhyet seinä, ovat kiinteitä. Lyhyillä seinillä sijaitsevat ikkunat, jotka ovat myös kiinteitä. Pitkät ulkoseinät, jotka tulevat yleensä rakennuksen päätyyn, eivät ole kiinteitä. Ulkoseinien paikka vaihtelee riippuen moduulin tyypistä. Perusmoduulissa ei ole valmiina vesi- ja viemäripisteitä, mutta niitä voidaan tarvittaessa lisätä ennen moduulien asennusta. Moduuleihin tuodaan talotekniikka tekniikkamoduuleista. C80-järjestelmässä tekniikka tuodaan tekniikkakuilun kautta ja tekniikkamoduulin viereisissä moduuleissa voidaan hyödyntää myös läpivientikohtia. C90-järjestelmässä ei ole tekniikkakuilua. Siinä ilmanvaihtokanavat kulkevat perusmoduulin katossa näkyvissä ja sähkökaapelit ja vesiputket kulkevat ikkunaseinällä verhoiltuna. Perusmoduuleita voidaan muokata myös lisäämällä väliseiniä.

### **2.5.2 Tekniikkamoduuli**

Moduulijärjestelmissä on erikseen tekniikkamoduuli. Tekniikkamoduulissa on rakennuksen tekninen tila ja WC-tilat. Teknisessä tilassa on valmiina ilmavaihtokone, yksi lämminvesivaraaja ja sähkökeskus. Lämminvesivaraajat ovat vakiona 100 l suuruisia 3 kW sähkövastuksella. Tekniikkamoduulista kulkee myös valmiina läpiviennit tekniikalle sisälle rakennukseen ja rakennuksesta ulos. C80-järjestelmässä tekniikkamoduulin tyyppiä on kahta erilaista, C tai C2. C80-järjestelmän tekniikkamoduulissa on alas laskettu katto, jonka yläpuolella kaikki tekniikka kulkee. C90-järjestelmässä tekniikkamoduulityyppejä on neljä erilaista C2, C3, C4 ja C5. C90-järjestelmässä ilmanvaihtokanavat ovat näkyvissä, vesiputket ovat verhoiltu piiloon.



KUVA 8. Ilmanvaihto ja vesi- ja viemärijärjestelmä C80-järjestelmän tekniikkamodulissa (Lielahden koulun laajennus 2016, AX:n arkisto)

### 3 MÄÄRÄYKSET JA LAIT

Maankäyttö- ja rakennuslaissa säädetään alueiden ja rakennusten suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä. Lait ja määräykset vaihtelevat rakennuksen käyttötarkoituksen, sijainnin, pysyvyyden ja muiden tekijöiden mukaan.

#### 3.1 Väliaikaisia rakennuksia koskeva maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaissa sanotaan, että määräajan paikallaan pysytettävää rakennusta varten rakennuslupa voidaan asettaa määräaika (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 1999, 117 g §). Jos asiakkaalla, usein kaupungilla tai yrityksellä, ei ole riittävästi tilaa pystyttää rakennusta omalle tontille, se usein vuokraa maapohjan. Maapohjaa koskevat vuokrasopimukset solmitaan usean vuoden mittaiseksi. Tällöin aluetta voidaan vuokrasopimuksen mukaan käyttää ainoastaan moduulirakennusten käyttöalueena. Kun vuokrasopimus umpeutuu, moduulit tulee viedä alueelta pois.

#### 3.2 Energiatehokkuusvaatimukset

Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta (2/11 2012) vaatii, että uudisrakennuksiin tarvitaan aina energiaselvitys. Laki rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013) vaatii, että uudisrakennukselle tehdään myös energiatodistus. Energiatodistuksesta selviää rakennuksen standardikäytön mukainen energiankulutus. Energiatodistukseen lasketaan jokaiselle rakennukselle E-luku. Energialuokitus perustuu E-lukuun, joka koostuu rakennuksen laskennallisesta vuotuisesta ostoenergiankulutuksesta neliometriä kohden, painotettuna eri energiamuotojen kertoimilla.

Energiatodistusta ei tarvita tilapäiselle tai määräaikaiselle rakennukselle, jonka käyttöaika on enintään kaksi vuotta, tai rakennus on kooltaan alle 50 m<sup>2</sup>. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999, 117 g § Energiatehokkuus). Vaikka moduulirakennukset ovat määräaikaisia ja siirtokelpoisia rakennuksia, haetaan niille rakennuslupaa yleensä 5 vuodeksi, ja silloin niitä koskevat pysyvän uudisrakennuksen määräykset. E-luvun raja-arvo katsotaan kohteen käyttötarkoituksen mukaan, vaikka kyseessä on siirtokelpoinen rakennus. (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012, Laki rakennuksen energiatodistuksesta 2013, Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999, 117 g § Energiatehokkuus).

## 4 LVI-SUUNNITTELUOHJE C80- JA C90-JÄRJESTELMÄÄN

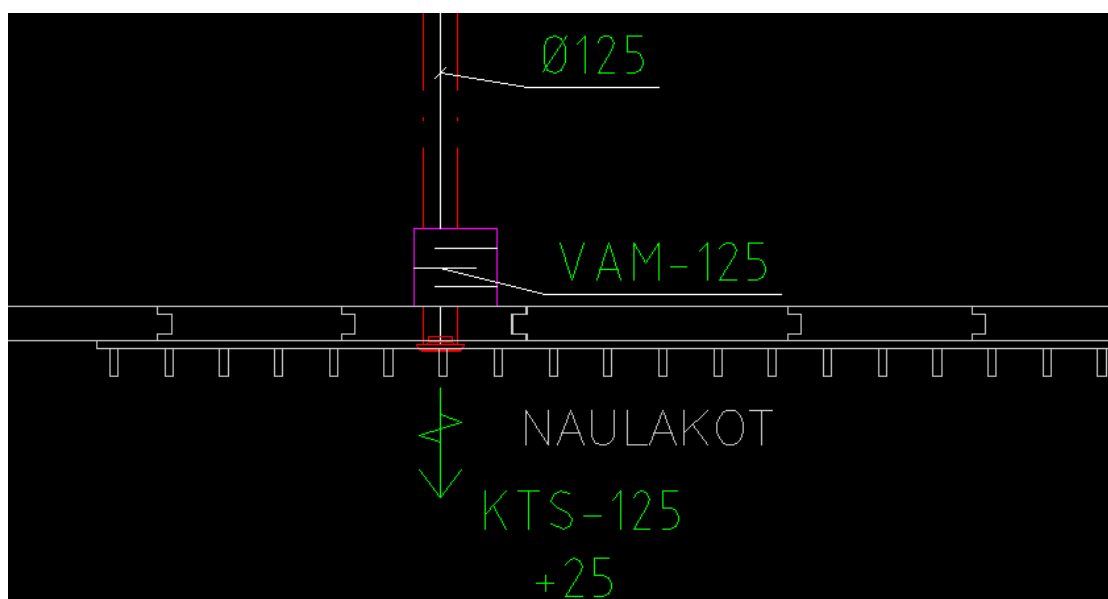
LVI-suunnittelu tulee toteuttaa viranomaismääräysten mukaan. Tärkeimpinä rakennuksen mitoitettavina kriteereinä voidaan pitää Suomen rakennusmääräyskokoelman osien D1, D2, D3, D5 ja E7 määräyksiä ja ohjeita. Uudet korvaavat ympäristöministeriön asetukset tulivat voimaan 1.1.2018, ja niitä tulee sen jälkeen noudattaa. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetuksessa 545/2015 määrää asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Myös tilaajan suunnitteluohjeet tulevat ottaa huomioon.

Myös moduulirakennuksiin, kuten pysyviin rakennuksiin, tarvitsee tehdä lämmitys-, vesi- ja viemäri- sekä ilmanvaihtosuunnitelmat. Suurimmassa osassa moduuleita on suora sähkölämmitys, koska se on helppo ja edullinen asentaa, sekä se on edullinen ylläpitää asiakkaalle, jos rakennuksen vuokra-aika on 1-5 vuotta. Tämän vuoksi lämmityssuunnittelu jää vähälle huomiolle tässä ohjeessa. Rakennusten LVI-suunnitelmien on hyvä olla aina ajan tasalla, koska moduuleita siirrettäessä uuteen kohteeseen, saadaan suunnitelmien avulla helposti selville, mitä tekniikkaa yksittäinen moduuli sisältää.

### 4.1 Lähtötiedot suunnitteluun

Ennen suunnitelmien laatimista tulee olla selvillä muutamia asioita, jotta suunnitteluprosessi sujuu hyvin. On hyvä tarkistaa, mitä LVI-suunnitelmia on tilattu ja tarvitaanko niitä rakennusvalvontaa vai asennusta varten. Kunnasta tai kaupungista riippuen LVI-suunnitelmien määräysten tulkinnat vaihtelevat. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla tulkinta on yleensä tiukempaa kuin pienemmillä paikkakunnilla. Nämä kuntakohtaiset odotukset on hyvä selvittää ja ottaa huomioon ennen suunnittelun aloittamista.

Rakennussuunnittelija on merkannut C80-järjestelmässä pohjakuvaan, onko moduuleissa uusi vai vanha Silotek, sekä mitkä ilmanvaihtokoneet tekniikkamoduuleissa ovat. Jos näitä tietoja ei löydy, tulee LVI-suunnittelijan kysyä ne rakennussuunnittelijalta. Myös siirtoseinien A7-palat, missä on läpivienti Ø 125 ilmanvaihtokanavalle, on merkattu pohjakuvaan (kuva 9). Läpivientejä ei tehdä muista kohdista siirtoseiniä, jos se ei ole välttämätöntä. Jos ilmanvaihtosuunnitelmaa tehdessä huomaa, että useammille läpivienneille on tarve, tulee olla yhteydessä kohteen rakennussuunnittelijaan.



KUVA 9. Osa C80-järjestelmän siirtoseinää (Kivimaan koulu Lahti 2017, Cramo Adapteen arkisto)

Rakennussuunnittelija merkkää kuviin myös eri tilojen käyttäjämäärät. Jokaiselle tilalle tulee olla määritelty henkilöiden maksimi lukumäärä. Nämä tiedot saadaan alun perin asiakkaalta. Ilmanvaihtoa suunniteltaessa tämä on oleellista tietää heti suunnittelua aloitettaessa. Tilan käyttäjämäärän muutokset saattavat laittaa koko ilmanvaihtosuunnitelman uusiksi. Rakennusmääräyskokoelman osassa D2 on määritelty, että yksi henkilö tarvitsee vähintään 6 l/s ilmaa. Neliöperusteisella mitoituksella tilan ilmavirta on eri tilan koosta ja käyttötarkoituksesta riippuen. Ensisijaisesti käytetään aina henkilöperusteista ilmavirtamitoitusta, jos henkilöiden lukumäärä on tiedossa. (D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012).

## 4.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto suunnitellaan Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 mukaisesti. Rakentamismääräyskokoelmassa määräykset ovat velvoittavia. Sisäilmastoluokitus 2008 voidaan käyttää täydentämään viranomaissäädöksiä esimerkiksi asiakkaan vaatimuksesta. Sisäilmastoluokituksessa määritellään sisäilman laatu eri luokissa, jotka ovat S1, S2 ja S3. Suunnittelu tehdään Cramo Adapteen ilmanvaihdon tyyppikuvien mukaisesti ja niitä tarvittaessa muunnetaan kohteeseen sopivaksi, ottaen huomioon moduulien rakenteet ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminta. Moduuleihin on suunniteltu vakiokoinen kanavisto ja

tietyt päätelaitteet. Kanavistoa ei muuteta, eikä kanaviston osia poisteta, jos se ei ole välttämätöntä. Jo olemassa olevia päätelaitteita ei tulpata, eikä poisteta, vaan kaikki päätelaitteet pyritään pitämään auki, edes minimi-ilmavirralla. Kanavat moduulien välillä liitetään yhteen moduulien paikalleen asentamisen jälkeen.

Ilmanvaihto pyritään suunnittelemaan siten, että virtausnopeudet kanavissa ovat maltilliset ja painetasot pysyvät matalina. Näin tehdessä myös äänitasot pysyvät automaattisesti matalina. Moduulirakennuksissa C80- ja C90-järjestelmissä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ainoastaan porrasmoduulin ilmanvaihto toimii painovoimaisesti. Tilasta toiseen voidaan ilmaa siirtää tarvittaessa myös siirtoilmasäleikön kautta, esimerkiksi varastotiloissa. Ilmanjako toimii sekoittavan ilmanjakotavan periaatteella. Sekoitavassa ilmanjako jakaa ilman tiloihin tasaisesti. Ilmanvaihtokanavisto ja -pätelaitteet ovat sijoitettu yläjakoistesti. Lisäksi erillispoistoja ja vetokaappeja käytetään tarvittaessa paikallisesti. Ilmanvaihtokoneisiin asetetaan käyntiajat, jotka on määriteltä ohjeiden (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012) mukaan. Käyntiaika on esimerkiksi koulurakennuksissa 7:00 – 17:00 ja ilmavirran puolitettu aika on 17:00–7:00.

Ilmanvaihtokoneet ovat vakioilmavirtakoneita, mutta niihin asennetaan vakiopainesäätö. Tulo- ja poistoilmakanavassa on paine-ero lähettimet, jotka ohjaavat ilmanvaihtokoneen tasaamaan kanavapainetta tarpeen mukaan ja pitämällä sen vakiona, säätämällä puhaltimien nopeuksia. Ilmanvaihtokoneen vakiopainesäätö tulee olla käytössä. Vakiopaineohjaus pyrkii pitämään tilan painetason ennallaan. Kanavapaineille määritellään asetusarvot, esim. käyttö-, poissa- ja tehostustilalle omat arvot. Moduulirakennuksissa, joissa on useampia ilmanvaihtokoneita, voi joskus yhtä suurta tilaa palvella kaksi ilmavaihtokoneita. Jos esimerkiksi isoon luokkatilaan, tulee ilmaa kahdelta eri koneelta, tulee vakio-painesäätö ottaa pois käytöstä ja pakottaa koneet vakioilmavirralla.

### **Mitoitus**

Ilmavirtoja mitoittaessa käytetään Rakennusmääräyskokoelman osan D2 mukaisia arvoja. Ilmavirrat voidaan mitoittaa myös asiakkaan vaatimusten mukaisesti, mutta niiden tulee vähintään täyttää viranomaismääräykset. Mitoitustavasta tulee sopia etukäteen rakennuttajan kanssa. Rakennukset suunnitellaan noin 3-5 % alipaineiseksi. Ilmavirrat määräytyvät ensisijaisesti henkilöperusteen mukaan, mutta jos sille ei ole riittävästi perusteita, voi ilmavirrat mitoittaa tilan neliöiden mukaan. Rakennusmääräyskokoelman osan D2 liitteessä 1 on esitetty käyttöajan tilakohtaiset ohjearvot kaikkiin tiloihin. Jos osan D2

liitteessä ei ole määritelty jotain tilaa, johdetaan sinne ulkoilmavirtaa vähintään 6 l/s henkilöä kohden. Hyväksytyjä poikkeamia mitoitusarvoissa ovat järjestelmäkohtainen ilmavirta  $\pm 10 \%$ , huonekohtainen ilmavirta  $\pm 20 \%$ , sekä ilmannopeus oleskeluvyöhykkeellä  $+ 0,05$  m/s. Suurimmassa osassa huoneista yleinen äänitason raja on 33 dB ja enimmäisäänitaso raja on 38 dB. Jossain tiloissa kuitenkin, esimerkiksi lepo- ja makuuhuoneet, äänitason raja on 28 dB ja enimmäisäänitason raja on 33 dB. Tämän suunnitteluohjeen liitteessä 1 on koottu taulukko moduulirakennuksissa eniten käytettyjen tilojen ilmavirroista, ilmannopeuksista ja äänitasoista. (D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012)

Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) ja koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s) (D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012). Ilmanvaihdon ominaissähköteho lasketaan jakamalla ilmanvaihtokoneen ottama sähköteho koneen ilmavirroista suuremmalla. Ympäristöministeriön uudessa sisäilmasto ja ilmanvaihto asetuksessa SFP-luvun vaatimuksia on tiukennettu aikaisempiin määräyksiin verrattuna (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017).

#### **4.2.1 Ilmanvaihtokoneet**

Ilmavirtojen laskennan perusteella tarkastetaan ilmanvaihtokoneen riittävyys. Ilmanvaihtokoneet ovat valmiiksi asennettuja tekniikkamoduuleihin. Jos ilmanvaihtokone tai -koneet eivät riitä rakennuksen mitoitettulle ilmavirroille, voidaan harkita lisäilmanvaihtokoneen sijoittamista sopivaan kohtaan rakennusta. C80-järjestelmässä yhdessä tekniikkamoduulissa on kaksi ilmanvaihtokonetta, jotka ovat varustettuja lämmöntalteenotolla tai yksi ilmanvaihtokone, sekä poistoilmapuhallin. Toinen pienempi ilmanvaihtokone tai mahdollisesti poistoilmapuhallin palvelee tekniikkamoduulia WC-tiloihin ja toinen isompi muuta rakennusta. C90-järjestelmässä on yhdessä tekniikka moduulissa yksi ilmanvaihtokone ja poistopuhallin. Jos rakennus on suuri, on siinä luultavasti usea tekniikkamoduuli ja siten myös usea IV-kone. C80- järjestelmässä käytetään vakiona ilmanvaihtokoneita Enervent Pallas, Envistar Top 6, Enervent Liggolo, Enervent LTR-2 eco ECE, sekä niiden lisäksi voidaan käyttää poistoilmapuhaltimia. C90-järjestelmässä käytetään Envistar Top 6 ja Top 4- ilmanvaihtokoneita, sekä poistoilmapuhaltimia. Ilmanvaihtokoneiden puhaltimet mitoitetaan toimimaan noin 80 % niiden täydestä tehosta. Taulukossa 1 on koottu yhteen rakennuksissa vakiona käytetyt ilmanvaihtokoneet.

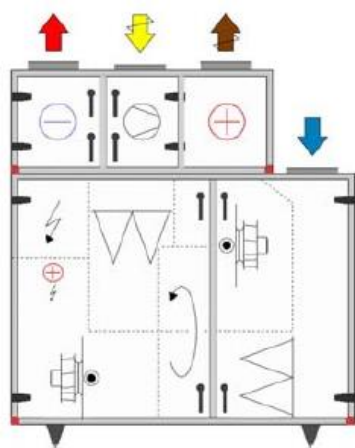


TAULUKKO 1. Ilmanvaihtokoneet

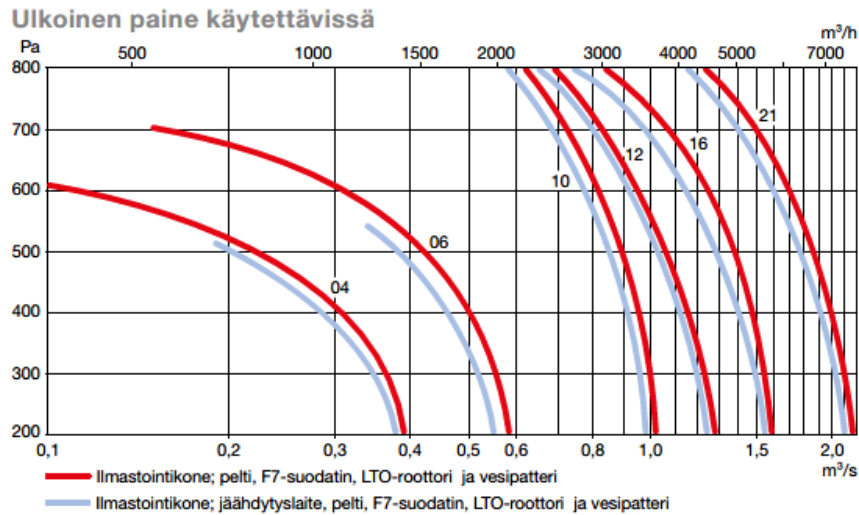
Ilmanvaihtokoneet	Mitat				ilma- virta		Osat		
Malli	Leveys mm	Kor- keus mm	Sy- vyys mm	kanava liitântä mm	Min m <sup>3</sup> /s	Max m <sup>3</sup> /s	lämmön- vaihdin	Suo- datin	Jäähdytys- mahdolli- suus
Envistar Top 6	1720	1365	890	500x250	0,15	0,65	pyörivä LTO	EU7 (F7)	ei ole
Envistar Top 6 jäähdytyksellä	1720	1910	890	500x250	0,15	0,61	pyörivä LTO	EU7 (F7)	on
Enervent Pal- las HP	1800	1610	890	600x300	0,2	0,8	pyörivä LTO	EU7 (F7)	on
Enervent Pal- las MDE	1800	1610	890	600x300	0,2	0,8	pyörivä LTO	EU7 (F7)	ei ole
Enervent Lig- golo	598	630	320	Ø 125		0,074	pyörivä LTO	EU7 (F7)	ei ole
Enervent LTR- 2 eco ECE	972	362	393	Ø 125		0,075	pyörivä LTO	EU7 (F7)	ei ole

### Envistar Top 6

Envistar ilmanvaihtokoneet ovat IV-produktin tuotteita. Suurimmassa osassa C80-järjestelmissä on käytössä Envistar Top 6-malli, ja niistä suurin osa on ilman jäähdytynyksikköä. C90-järjestelmässä on käytössä Top 6-malli aina jäähdytynyksiköllä. Envistarin Top 4 mallia käytetään C90-järjestelmän W-moduulissa, mutta tämä malli ei ole tällä hetkellä käytössä Suomessa. Envistar Top 6 koneissa on pyörivä lämmöntalteenottoroottori. Kone on kompaktin kokoinen, eikä vie paljon asennustilaa. Sen päältä lähtevät kanavalähdöt säästävät myös tilaa. Pienen kokonsa vuoksi se on myös helppo kuljettaa ja asentaa. Top 6-mallin virtausalue on 0,15–0,65 m<sup>3</sup>/s. (Envistar-esite 2017,4).



KUVA 10. Envistar Top 6 ilmanvaihtokone jäähdytynyksiköllä (Envistar-esite 2017).

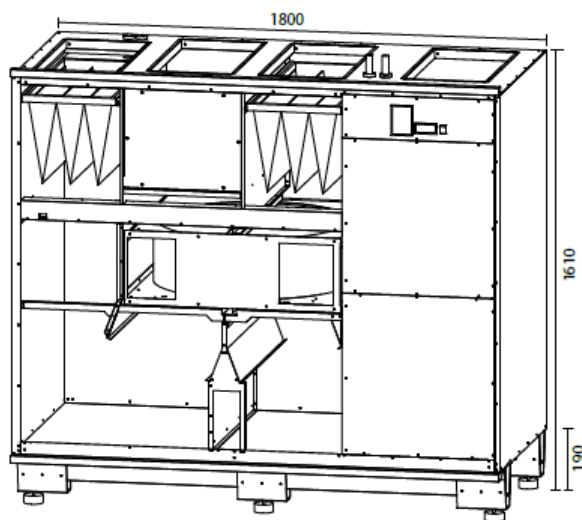


KUVIO 1. Enervent Top-ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilman ominaiskäyrät (Envistar-esite 2017)

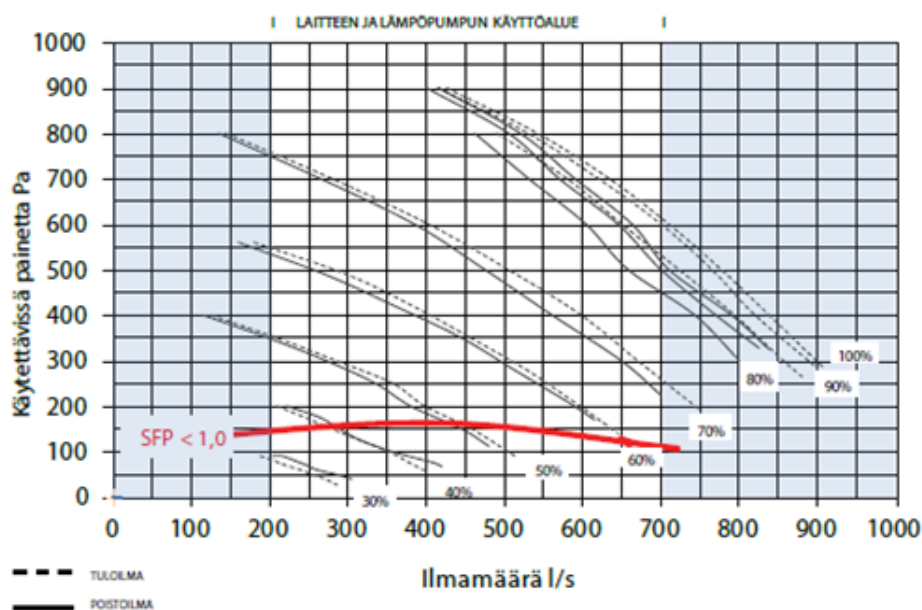
### **Enervent Pallas MDE ja HP**

Enervent Pallas ilmanvaihtokoneita käytetään myös C80-järjestelmässä, mutta vähemmän kuin Envistaria. Suurin osa Pallaksista on MDE-malleja, joka on ilman jäähdytinsikköä, vain muutama Pallas on HP-malli, jossa on myös jäähdytinsikkö.

Pallaksessa on pyörivä lämmöntalteenotto ja sähköinen lämmityspatteri. Ilmavirta-alue on 0,2-0,8 m³/s. Kone asennetaan lattialle ja sen kanavalähdöt lähtevät koneen päältä. Koneen kaikki lähtökanavat ovat 300x600 kokoisia. Kone on aina oikeankätinen. (Enervent Pallas-esite)



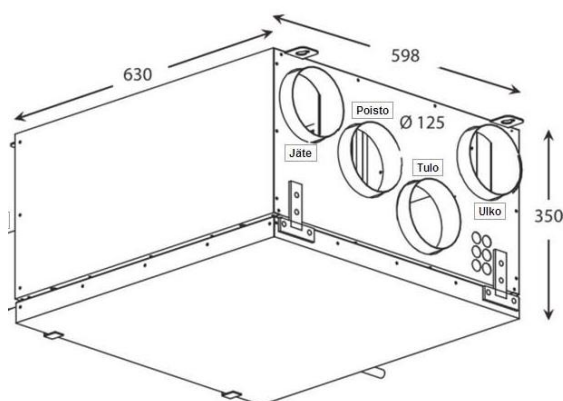
KUVA 11. Enervent Pallas ilmanvaihtokone (Enervent Pallas-esite).



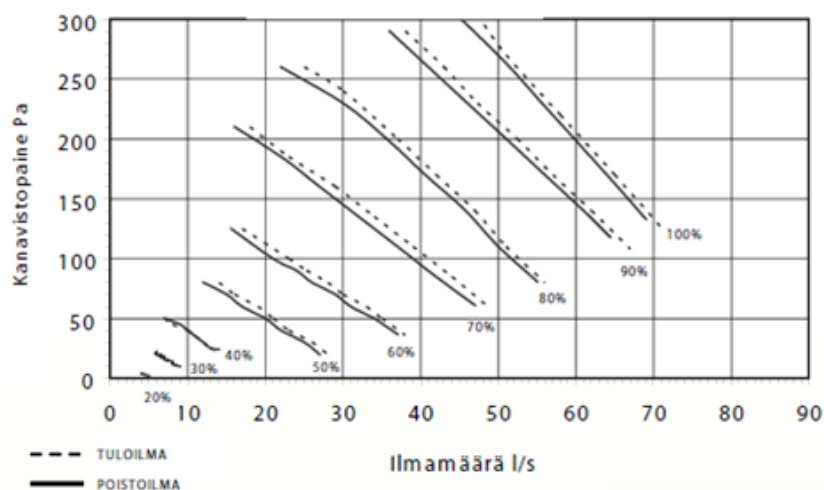
KUVIO 2. Enervent Pallas-ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilman ominaiskäyrät (Enervent Pallas-esite)

### **Enervent Liggolo**

Tekniikkamoduulissa voi olla keskusilmanvaihtokoneen lisäksi Enervent Liggolo ilmanvaihtokone, joka palvelee pelkästään tekniikkamoduulin ilmanvaihtoa. Liggolo asennetaan kattoon huoltoluukku alaspäin. Liggolossa on pyörivä lämmöntalteenottoroottori. Ilma voidaan johtaa myös lämmönsiirtimen ohii tarvittaessa. Liggolon maksimi ilmavirta on  $0,074 \text{ m}^3/\text{s}$ .



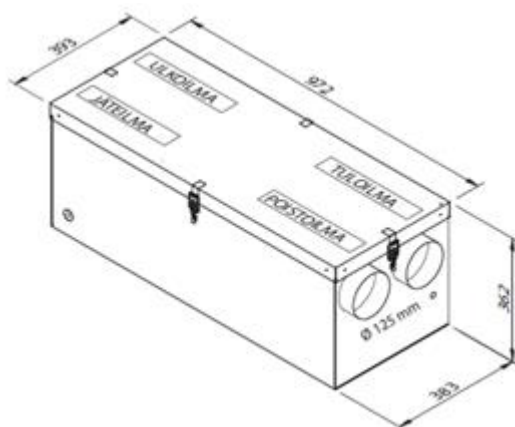
KUVA 12. Enervent Liggolo ilmanvaihtokone (Enervent Liggolo-esite)



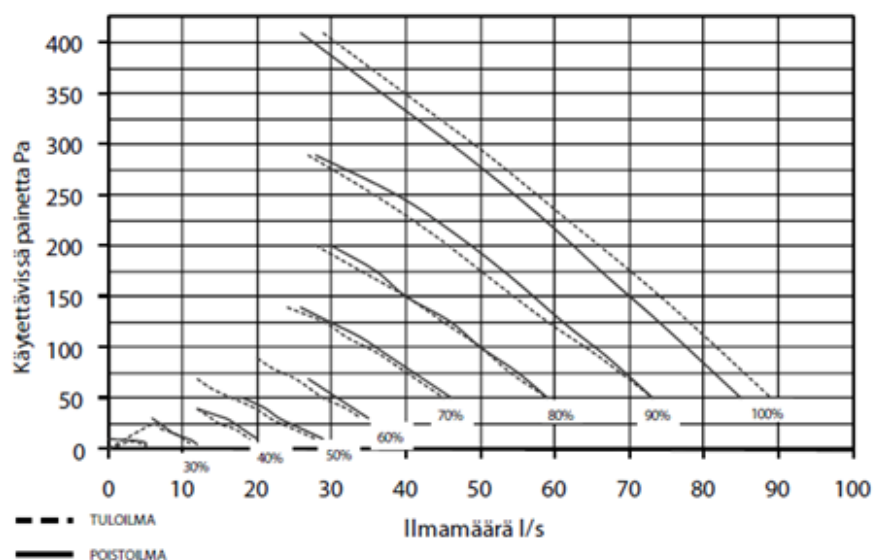
KUVIO 3. Enervent Liggolo-ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilman ominaiskäyrät (Enervent Liggolo-esite)

### Enervent LTR-2 eco ECE

Enerventin LTR-2 eco ECE- ilmanvaihtokonetta käytetään C80-järjestelmän kuraateis-moduulissa. Ilmanvaihtokone palvelee pelkästään kuraateismoduulia. LTR-2 on pieni alakattoasenteinen ilmanvaihtokone, joka on varustettu pyörivällä lämmöntalteenotolla. Koneen maksimi ilmavirta on  $+0,075 \text{ m}^3/\text{s}$ .



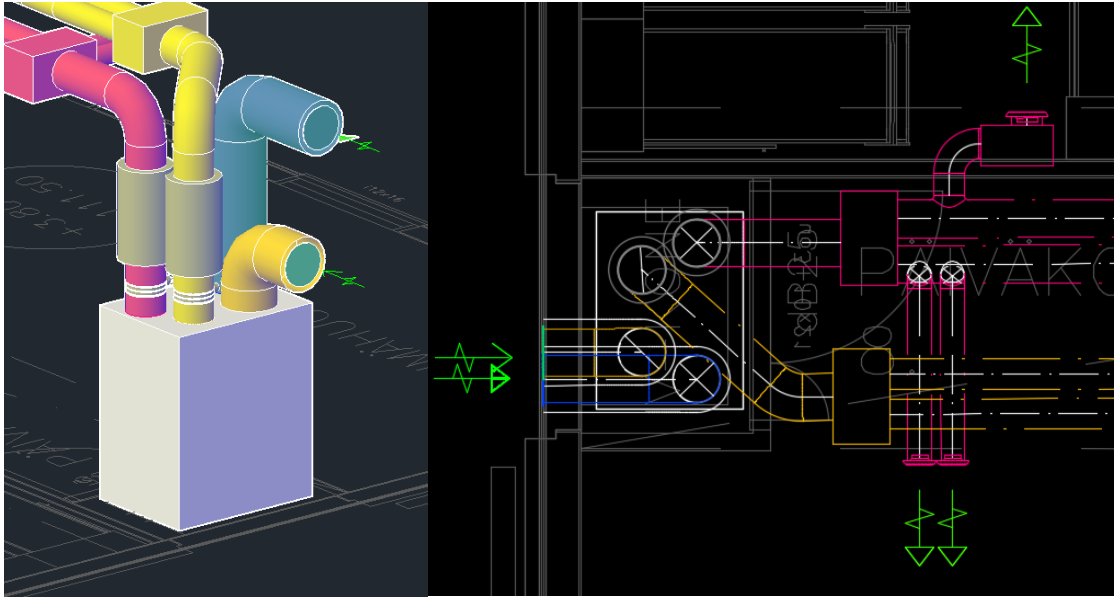
KUVA 13. Enervent LTR-2 eco ECE-ilmanvaihtokone (Enervent LTR 2-esite)



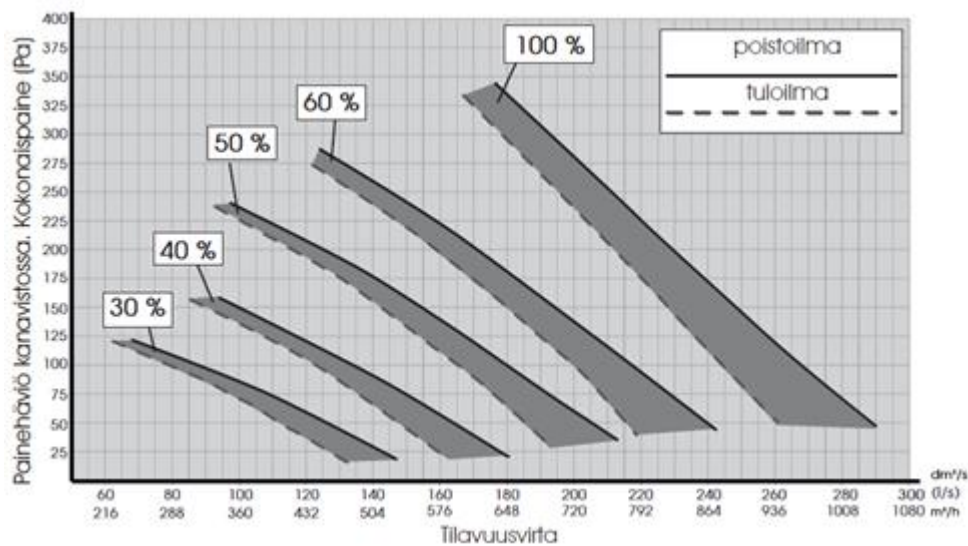
KUVIO 4. Enervent LTR-2 eco ECE-ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilman ominaiskäyrät (Enervent LTR 2-esite)

### Lisäilmanvaihtokone

Jos valmiina olevat ilmanvaihtokoneet eivät ole riittävän suuria rakennuksen ilmavirran tarpeeseen, asennetaan lisäilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokone asennetaan yleensä rakennuksen toiseen pätyyn, jotta ulko- ja jäteilmakanavien johtaminen ulos olisi helppoa. Usein myös ilmavirran lisätarve on juuri rakennuksen päädyissä, koska ne ovat kauempana tekniikkamoduulista ja ilmanvaihtokoneesta, kuin muut moduulit rakennuksessa. Lisäilmanvaihtokoneena voi toimia esimerkiksi Vallox 245 MV. Vallox-Ilmanvaihtokoneelta lähtee Ø 250 poisto- ja tuloilmakanavat. C80-järjestelmässä poistoilmakanava jaetaan jakolaatikolla kahdeksi Ø 160 kanavaksi, jotta se sopii liittämään tekniikkakuilun kanaviin ja samoin tuloilmakanava jaetaan kahdeksi Ø 200 kanavaksi jakolaatikolla. Ilmanvaihtokoneen puhallin toimii noin 80 % sen täydestä tehosta. Maksimi ilmavirta on 0,026 m<sup>3</sup>/s. Esimerkki Vallox-ilmanvaihtokoneen asennuksesta C80-järjestelmässä on esitetty kuvassa 14.



KUVA 14. Vallox 245 MV-lisäilmanvaihtokoneen kanavalähtöjen asennus C80-järjestelmässä (Arabian koulu Helsinki 2017, AX:n arkisto)



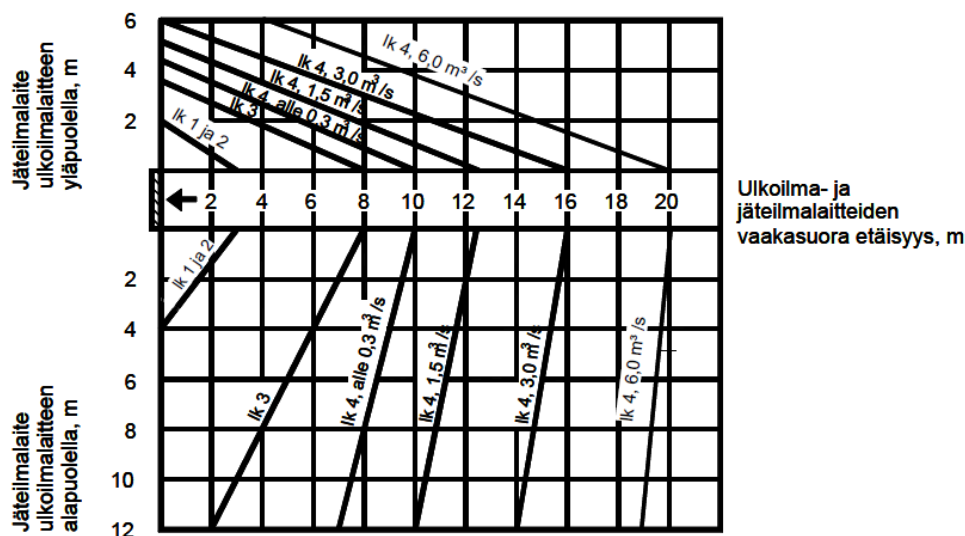
KUVIO 5. Vallox 245-ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilman ominaiskäyrät (My Vallox-ilmanvaihtokoneen ohje 2018)

Yleensä lisäilmanvaihtokoneen ympärille rakennetaan ”desibelikoppi”, jotta koneesta tuleva ääni ei kantaudu tilaan, missä se sijaitsee. Usein lisäilmanvaihtokone sijoitetaan suoraan huoneeseen, eikä erilliseen tekniseen tilaan. Ilmanvaihtokoneen asennuksessa täytyy ottaa huomioon, että kanavien lähdöt sopivat tekniikkamoduulin kanavien kanssa oikein päin. Lisäkoneen tarve tulisi selvittää jo ennen tarjouksen jättöä, jotta siitä tuleva kustannus voidaan laskea tarjoukseen mukaan.

### Jäte- ja ulkoilmakanavat

Moduulirakennuksissa ulkoilma- ja jäteilmäsäleikkö ovat sijoitetut päällekkäin ulkoseinään. Ulkoilma- ja jäteilmalaitteet tulee sijoittaa toisiinsa nähden kuvion 6 mukaisesti, mutta väliaikaisissa rakennuksissa tästä voidaan hieman joustaa, jos valvova viranomainen sen sallii. Jäteilmakanavaa on myös mahdollista jatkaa rakennuksen ulkopuolella katon yläpuolelle, jos ulkoilman ja jäteilman välisen etäisyyden muuten todetaan olevan liian pieni niin yksi- kuin monikerroksisissa rakennuksissa. Kanavat eristetään rakennuksen ulkopuolella ohjeiden mukaan.

Ulkoilmasäleikön vapaa otsapintanopeus suositellaan olevan alle 1 m/s jotta ulkoa tuleva vesi, lumi tai epäpuhtaudet ei ajautuisi helposti ilmavirran mukana säleikön kautta kanaan ja ilmanvaihtojärjestelmään. Kovin tiheää ritilää tai säleikköä ei ulkoilmakanavaan kannata laittaa, koska se helposti kerääntyy kesäaikana täyteen roskaa, menee tukkoon ja siten estää ulkoilman pääsyn järjestelmään. (Rakennusmääräyskokoelma D2 2012, 11 )



KUVIO 6. Jäte- ja ulkoilmalaitteiden väliset etäisyydet (Rakennusmääräyskokoelma D2 2012, 13)

### 4.2.2 Äänenvaimennus

Kanavien ja venttiilien suositeltavia ilmavirtausnopeuksia ei saa ylittää, koska ilmannonpeuden kasvaessa äänitasot nousevat. Kanaviston äänitasot on otettava erityisen hyvin huomioon suunnittelussa, koska äänenvaimentimien asentaminen on haastavaa tilan ahautauden vuoksi. Tilakohtaiset äänitasojen määräykset löytyvät rakennusmääräyskokoelman osasta D2. C80-järjestelmässä äänenvaimentimet ja vaimennuslaatikot asennetaan

tekniikkakuilun ulkopuolelle. Jos kanava kulkee usean tilan halki, kannattaa tilojen välille laittaa äänenvaimennin. Ilmanvaihtokoneesta lähtevä ääni on myös otettava huomioon, koneen ei suositella käydä täydellä teholla, jotta äänitasot saadaan pysymään sopivissa rajoissa. Tarvittaessa äänitasot tarkastetaan myös rakennuksen ulkopuolella, jos lähistöllä sijaitsee esimerkiksi asuinrakennuksia. Ulkona äänitason pitäisi pysyä keskimäärin alle 45 desibelin, vain hetkellisesti se saa nousta 50 desibeliin (Ympäristöministeriön asetus... 2017, 5 §). Ulkoilma- ja jäteilmakanava koneelle eristetään.

#### **4.2.3 C80-kanavisto ja päätelaitteet**

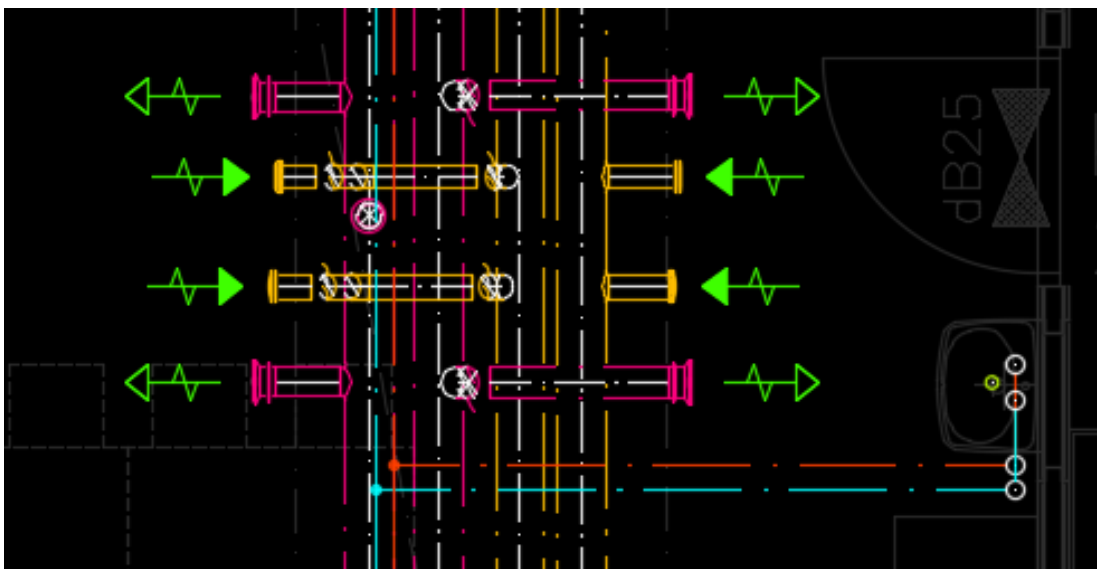
##### **Tekniikkakuilu eli Silotek**

C80-järjestelmässä moduuleiden keskellä katossa kulkee tekniikkakuilu eli Silotek, joka on valmiina jokaisessa moduulissa. Moduulit liitetään toisiinsa niin, että tekniikkakuilut osuvat kohdakkain. Kuilu saadaan avattua alapuolelta irrottamalla peltiset suojalevyt. Tekniikkakuilussa kulkee ilmanvaihtokanavat, käyttövesiputket ja sähkökaapelit (kuva 15). Tekniikkakuilussa kulkeviin ilmanvaihtokanaviin ei tehdä muutoksia, eikä kuiluun asenneta lisää kanavia tai muita kanavanosia. Muutosten tekeminen on mahdollista, mutta se on hankalaa tilanahtauden takia ja se vie aikaa ja tuo lisää kustannuksia.

Tekniikkakuiluja on sekä uuden että vanhan mallisia. Tekniikkakuilussa on sivuilla molemmilla puolilla ilmanvaihdon tulo- ja poistoventtiilit. Uuden mallisessa tekniikkakuilussa on kaksi tuloilmaventtiiliä ja kaksi poistoilmaventtiiliä per puoli. Vanhan mallisessa tekniikkakuilussa on kaksi poistoilmaventtiiliä ja yksi tuloilmaventtiili toisella puolella ja kaksi tuloilmaventtiiliä ja yksi poistoilmaventtiili toisella puolella (kuva 16). Näistä kohdista on myös mahdollista jatkaa kanavaa ja siirtää siten päätelaitetta esimerkiksi keskelle huonetta tai toiseen huoneeseen. Molemmissa tekniikkakuiluissa on myös yksi tuloilmaventtiili alaspäin.

Jos huoneella tai tilalla on tietty äänitasovaatimus, tulee ottaa huomioon, että vaikka ilmanvaihtokanava on vaimennettu ja seinä- ja ovirakenteet vaimentavat ääntä tietyn verran, niin myös tekniikkakuilun kautta kulkee ääni huoneeseen. Tekniikkakuilun seinämä voidaan tarvittaessa eristää, jos huone sitä vaatii. Jotkin tilat, esimerkiksi terveydenhuollon potilashuoneet, vaativat suurta äänieristävyyttä.





KUVA 15. C80-järjestelmän tekniikkakuilun sisällä näkyy ilmanvaihtokanavat ja käyttövesiputket (Lielahden koulun laajennus 2016, AX:n arkisto)

### Kanavat ja päätelaitteet

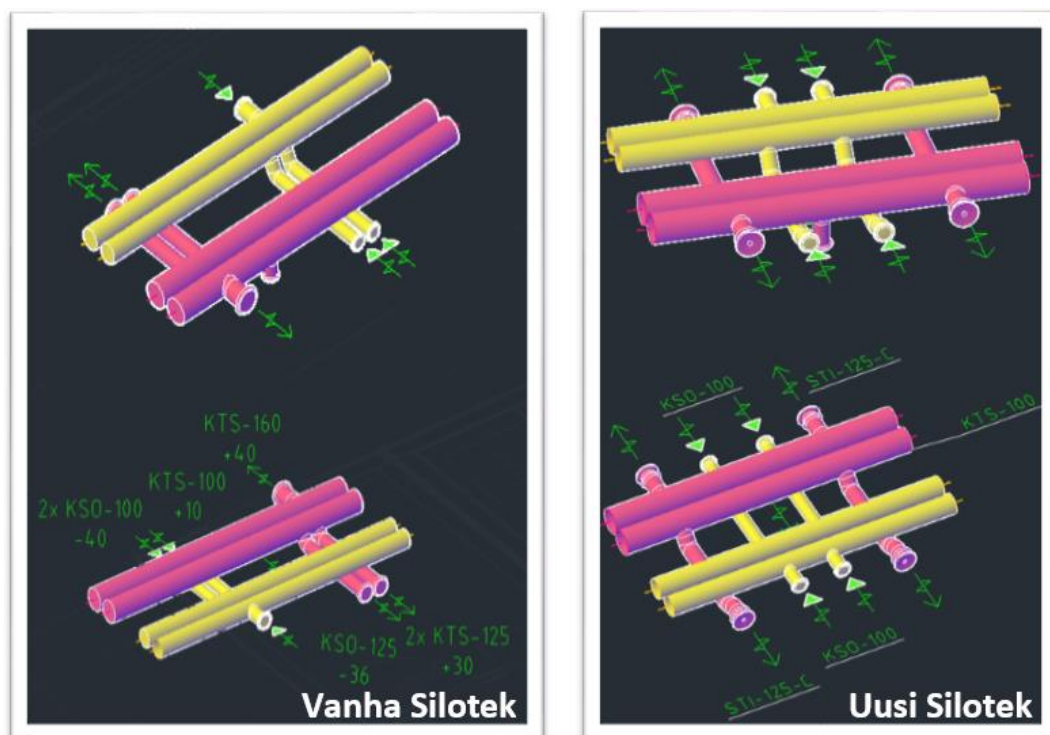
Ilmanvaihtokoneelta tulevat tulo- ja poistoilmakanavat jaetaan yhdestä kanttikanavasta kahdeksi pyöreäksi kanavaksi jakolaatikossa, joka sijaitsee tekniikkamoduulin tekniikkakuilussa. Jakolaatikoiden jälkeen jokaisessa kanavassa on säätöpelti. Tekniikkakuilussa kulkee kaksi Ø 200 mm pyöreää tuloilmakanavaa rinnakkain, sekä kaksi Ø 160 mm pyöreää poistoilmakanavaa.

Perusmoduuleissa ja tekniikkamoduuleissa, sekä erikoismoduuleissa runkokanavat ovat samat, mutta kytkentäkanavat ja päätelaitteet eroavat toisistaan. C80-järjestelmässä myös perusmoduuleissa on eroja kytkentäkanavissa ja päätelaitteissa, koska käytössä on sekä uuden että vanhan mallista tekniikkakuilua. Vanhassa tekniikkakuilun mallissa yhdessä perusmoduulissa on neljä tuloilmakanavaa ja kolme poistoilmakanavaa. Uudessa mallissa on yhdessä perusmoduulissa viisi tuloilmakanavaa ja neljä poistoilmakanavaa (kuva 16). Sosiaalitila-moduulissa on kaksi tuloilmakanavaa ja kolme poistoilmakanavaa. Porras-huone-moduulissa on painovoimainen ilmanvaihto. Tuloilmaventtiilit ovat malleja STI, KTS, STQA ja EAGLE F (Liite 3). STQA on tuloilmahajotin, joka voidaan asentaa seinälle. Se soveltuu käytettäväksi pienten ilmavirtojen tiloissa. EAGLE F on suutinlaite, jossa on kääntyvät suuttimet ja irrotettava säätöpelti. Poistoilmaventtiilit ovat malleja KSO ja KTO (Liite 3). C80-järjestelmän kanavien koot, ilmavirrat, ilman nopeudet, äänitasot ja päätelaitteet on esitetty taulukossa 2. Uusia ja vanhoja tekniikkakuiluja voi yh-

distää peräkkäin, ja usein samassa kohteessa saattaakin olla käytössä molempia. Suunnittelun alussa, on hyvä olla tarkkana, kumman mallisia tekniikkakuiluja moduuleissa on. Tekniikkakuilujen ilmanvaihtokanavat yhdistetään noin 600 mm pitkillä välikappaleilla.

TAULUKKO 2. C80-kanavisto ja päätelaitteet

<b>C80-kanavisto ja päätelaitteet</b>				
Osa	koko (mm)	ilmavirta (l/s)	ilmannopeus (m/s)	Äänitaso (Db)
<b>Tuloilma</b>				
Runkokanava tulo	200	155	5	33
Kytkentäkanava tulo	160	60	3	33
Kytkentäkanava tulo	125	36	3	33
Kytkentäkanava tulo	100	24	3	33
Tuloilmaventtiili STI-125-C	125	25	2	33
Tuloilmaventtiili KTS-160	160	40	2	33
Tuloilmaventtiili KTS-125	125	25	2	33
Tuloilmaventtiili KTS-100	100	15	2	33
Tuloilmaventtiili STQA 100 C	100	15	2	33
Tuloilmaventtiili STQA 125 C	125	25	2	33
Tuloilmaventtiili EAGLE F 125	125	40	2	33
<b>Poistoilma</b>				
Runkokanava poisto	160	100	5	33
Kytkentäkanava poisto	125	36	3	33
Kytkentäkanava poisto	100	24	3	33
Poistoilmaventtiili KSO-100	100	15	2	33
Poistoilmaventtiili KSO-125	125	25	2	33
Poistoilmaventtiili KTO-125	125	25	2	33
Poistoilmaventtiili KTO-100	100	15	2	33



KUVA 16. Vanha ja uusi Silotek C80-järjestelmässä (Lielahden koulun laajennus 2016, AX:n arkisto)

#### **C80-järjestelmän kanaviston suunnittelussa otettava huomioon**

Kanavisto tulisi suunnitella niin, että uusia läpivientejä tehtäisiin mahdollisimman vähän. Ilmanvaihtokanavistoa ei hajoteta, eikä siihen tehdä muutoksia, ei lisätä kanavia tai venttiileitä, jos se ei ole aivan välttämätöntä. Venttiilit voidaan vaihtaa tarvittaessa käyttötarkoitukseen sopiviksi. Äänenvaimentimet ja vaimennuslaatikot asennetaan tekniikkakuilun ulkopuolelle, kuilun sisälle niitä ei mahdu asentamaan. Kuilun ulkopuolelle voidaan rakentaa kotelo peittämään äänenvaimentimet. Kanavia jatkaessa huonetilassa ja äänenvaimentimien lisäämisessä tulee ottaa huomioon huonekorkeus ja se, miten ne sijoittuvat huoneeseen. Kanavat ja kanavanosat eivät saa olla haitallisesti tiellä.

#### **4.2.4 C90-kanavisto ja päätelaitteet**

C90-järjestelmässä ei ole tekniikkakuilua. Kanavat kulkevat näkyvissä, ainoastaan tekniikkamoduulin WC-tiloissa on alas laskettu katto. Läpi rakennuksen keskellä katossa kulkee yksi Ø 315 tuloilmakanava, sekä Ø 315 poistoilmakanava. Perusmoduulissa tuloilman runkokanavasta haarautuu yksi tai kaksi, riippuen moduulin tyypistä, Ø 160 tai Ø 125 tuloilmakanavaa kummallekin puolelle moduulia. Runkokanavasta voi haarautua myös yksi Ø 125 tuloilmakanava, riippuen moduulityypistä. Tässä kanavassa on SHH-



TAULUKKO 3. C90-kanavisto ja päätelaitteet

C90-kanavisto ja päätelaitteet				
Osa	koko (mm)	ilmavirta (l/s)	ilmannopeus (m/s)	Ääni- taso (Db)
<b>Tuloilma</b>				
Runkokanava tulo	315	390	5	33
Kytkentäkanava tulo	160	60	3	33
Kytkentäkanava tulo	125	36	3	33
Tuloilmaventtiili DCS-160 A	160	40	2	33
Tuloilmaventtiili DCS-125 A	125	25	2	33
Tuloilmaventtiili KIR 125	125	25	2	33
Tuloilmaventtiili SHH-125	125	25	2	33
<b>Poistoilma</b>				
Runkokanava poisto	315	390	5	33
Kytkentäkanava poisto	160	60	3	33
Kytkentäkanava poisto	125	36	3	33
Poistoilmaventtiili KSU-160	160	40	2	33
Poistoilmaventtiili KSU-125	125	25	2	33

### 4.3 Vesi- ja viemäri

Vesi- ja viemärijärjestelmiin kuuluvat käyttövesiputket, jätevesiviemärit, sadevesijärjestelmä, paineviemärit, salaojat, tonttivesijohto, jätevesikaivannot, jätevedenpuhdistamot, kaivot, erottimet ja pumppaamot (Rakennusmääräyskokoelma osa D1 2007). Moduulirakennuksissa rakennuksen sisäpuoliset vesi- ja viemärisuunnitelmat suunnitellaan tyyppikuvien perusteella, mutta osittain tyyppikuvia joudutaan muuttamaan tai uusia linjoja suunnittelemaan. Rakennuksen rakenteet putkireiteillä tulee ottaa erityisesti huomioon suunnittelussa.

#### 4.3.1 KVV-suunnitelma

KVV-suunnitelmassa eli kiinteistön vesi- ja viemärisuunnitelmassa on esitetty kiinteistön vesijohdot ja jätevesiviemärit, jotka liitetään kunnalliseen verkkoon. Ne on suunniteltava, rakennettava ja sijoitettava niin, että ne sopivat yhteen vesihuoltolaitoksen verkoston kanssa. Myös hulevesien johtaminen tontilta voidaan tehdä johtamalla ne kunnalliseen sadevesiverkostoon. Nykyään rakennusvalvonta voi kuitenkin vaatia, että hulevedet tulee imeyttää tontille tai viivästyttää esimerkiksi kivipesän avulla. Vesilaitos määrittää liitoskohtalausunnossa vesijohdon liittämiskohdan vesihuoltolaitoksen verkostoon kiinteistön läheisyyteen, sekä vesijohtoliittymän alimman painetason. Usein moduulirakennukset



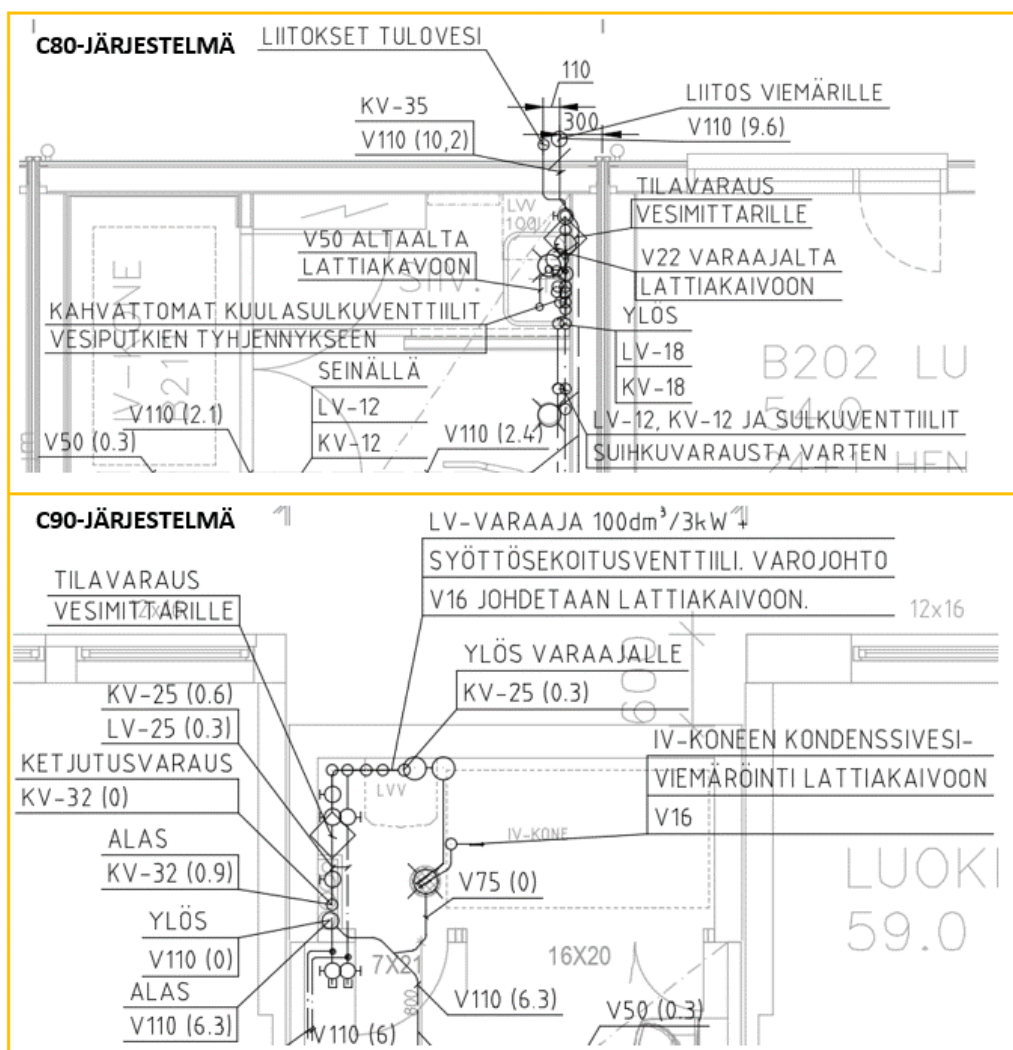


KUVA 18. Routasyvyyydet (cm) Suomessa. (D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007, 15)

### Vesimittari

Vesilaitos laskuttaa vedenkulutuksesta ja vastaa, että käytössä olevat vesimittarit ovat määräysten mukaisia. Päävesimittarin asentaa ja mitoittaa vesihuoltolaitos. Vesimittarin molemmille puolille tulee asentaa aina sulkuventtiilit. Vesimittarin on oltava helposti asennettava, vaihdettava, huollettava ja luettava. Vesimittari sijoitetaan välittömästi perusmuurin sisäpuolelle. Tilassa on oltava lattiakaivo.

Moduulirakennuksissa vesimittari asennetaan yleensä yhteen tekniikkamoduuliin, mistä menee läpivienti vesijohdolle ulos (kuva 19). Kaikki rakennukset voivat olla yhden vesimittarin takana, jonka vesihuoltolaitos asentaa. Käyttövesi ketjutetaan vesimittarin jälkeen muihin moduuleihin. Jos yhdessä kohteessa samalla asiakkaalla on useita rakennuksia, voi osassa rakennuksista olla itseasennettu vesimittari vedenkulutuksen seurantaan varten. Rakennus tai rakennukset voidaan myös liittää jo olemassa olevan rakennuksen vesimittarin taakse, esimerkiksi jos asiakkaalla on jo muita rakennuksia läheisyydessä ja vesilaskun maksaja on sama, eikä vedenkulutusta haluta erikseen seurata.



KUVA 19. C80-järjestelmän (C2-moduuli) ja C90-järjestelmän (C3-moduuli) teknisen tilan vesiliityntä moduuliin ja vesimittarin paikka (Hyökkälän koulu 2017, Lepsämän koulu 2018, AX:n arkisto)

### Jätevedet ja sadevedet

Jos alueella on järjestetty kunnallinen jätevesiverkosto, on kiinteistön siihen liitettävä. Vesihuoltolaitos ilmoittaa jäte- ja hulevedelle liittämiskohdat, liittämiskorkeudet ja padotuskorkeuden liitoskohtalausunnossa. Hulevesiä pyritään nykyään yhä enemmän imeyttämään tontille tai ainakin viivästyttämään ennen verkostoon liittämistä.

Jätevesiverkostoa suunniteltaessa ensin tulee selvittää miten ja minne jätevedet viemäroidään. Tämän jälkeen voidaan suunnitella alustava jätevesien reitti ja jätevesiviemärikaivojen sijoitus. Viemärit pyritään suunnittelemaan viettoviemärinä, jotta erillistä pumpaamoja ei tarvittaisi. Viemäripisteet tai viemäriin liitettävät laitteet on sijoitettava padotuskorkeuden yläpuolelle tai tarvittaessa varustettava paineviemärillä ja padotusventtiili-



lillä tai jätevesipumppaamolla. Jos jätevesipumppaamoa tarvitaan, suositellaan valittavaksi valmis pakettipumppaamo, joka toimii kahdella pumpulla. Kaksoispumpun ansiosta huolto on helppo suorittaa toiselle pumpulle toisen käydessä.

Jätevesiviemärien yleisimmin käytetyt putkimateriaalit ovat PE (polyeteeni), PVC (Polyvinyylikloridi) ja PP (Polypropeeni). Suunnittelussa on otettava huomioon ympäristön ja maaperän vaikutus valittaessa putkimateriaalia. Rakennuksen perusmuurin lävistämä viemäri tulee varustaa perusmuurin ulko- tai sisäpuolella puhdistusaukolla. Puhdistusaukkojen välinen etäisyys saa olla enintään 20 m.

Sadevedet mitoitetaan kattopinta-alan mukaan. Moduuleissa on valmiina asennettuna rännit yhdellä seinällä. Rännien kautta vesi johdetaan rännikaivoihin ja sadevesiviemäriin. Sadevesilaitteisto on varustettava hiekan ja lietteen erottimilla. Ulkopuolisten viemäreiden suunnanmuutokset tehdään viemärikaivoilla tai tarkastusputkilla. Tarkastusputken tulee olla vähintään Ø160 tai yhtä kokoa pienempi kuin viemäri. Tonttiviläyksiin on asennettava vähintään yksi tarkastuskaivo tai – putki. Sadevesikaivosta lähtevän putken pienin koko on Ø100. (Rakennusmääräyskokoelma osa D1 2007)

### **4.3.2 Käyttövesi**

#### **Järjestelmän suunnittelu**

Putkiston suunnittelu tehdään Cramo Adapteen vesi- ja viemärityyppikuvien mukaisesti ja niitä tarvittaessa muunnetaan kohteeseen sopivaksi, ottaen huomioon järjestelmän toiminta. Vesijohdot asennetaan pinta-asennuksena. Käyttövesiputkina käytetään vakiona komposiittiputkea, sekä lisäksi voidaan käyttää kupariputkea. Tekniikkamoduuliin on asennettu valmiiksi vakiokokoiset vesijohdot. Vakiovesijohtoja voidaan tulpata, jos vesipiste poistetaan ja niille ei ole käyttöä. Vakiovesijohtoja ei poisteta kokonaan. Tulpattujen johtojen sulut tulee olla kiinni, jotta vesi ei jää seisomaan paineellisena suljetulle johtosuudelle. Moduulissa on myös valmiiksi tehtyjä ja tulpattuja varauksia, joihin voidaan liittää uusi vesipiste, tai johdot voidaan jatkaa esimerkiksi viereisiin moduuleihin. Käyttövesijohtojen linjoja suunniteltaessa pyritään välttämään turhia läpivientejä. Moduulien rakenteita ei hajoteta tai tyyppikuvien malleja ei muuteta, jos siihen ei välttämättä ole tarvetta. C80-järjestelmän tekniikkamoduuleissa on valmiina vakioläpivientikohdat vesijohdoille- ja viemäriputkille viereisiin moduuleihin. C90-järjestelmässä ei vielä ole vaki-

oituja läpivientikohtia. Yhteen tekniikkamoduuliin asennetaan vesimittari. Tekniikkamoduulissa on valmiina 3 kW sähkövastuksella oleva 100 litran lämminvesivaraaja, jossa käyttöveden lämmitys tapahtuu. Kylmä- ja lämminvesijohtojen jakojohdot eristetään ohjeen mukaan. Kylmävesijohto tarvitsee kondenssieristää. Lisätietoja eristyksistä löytyy LVI-kortista 50–10345 Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö 2002.

Vesijohdot kytketään vesipisteille joko ylä- tai alajakoisesti tilanteen mukaan. Päiväkoiteihin ja rakennuksiin, missä on pieniä lapsia, on suositeltavaa laittaa turvanupillinen vesihana. Turvanuppi rajoittaa kääntökahvan liikerataa ja rajoittaa veden lämpötila-aluetta, niin ettei hanasta tule liian kuumaa vettä. Jos hanassa ei ole turvanuppia, voidaan kääntökahvan liikerata-aluetta hanan sisällä silti rajoittaa asennusvaiheessa.

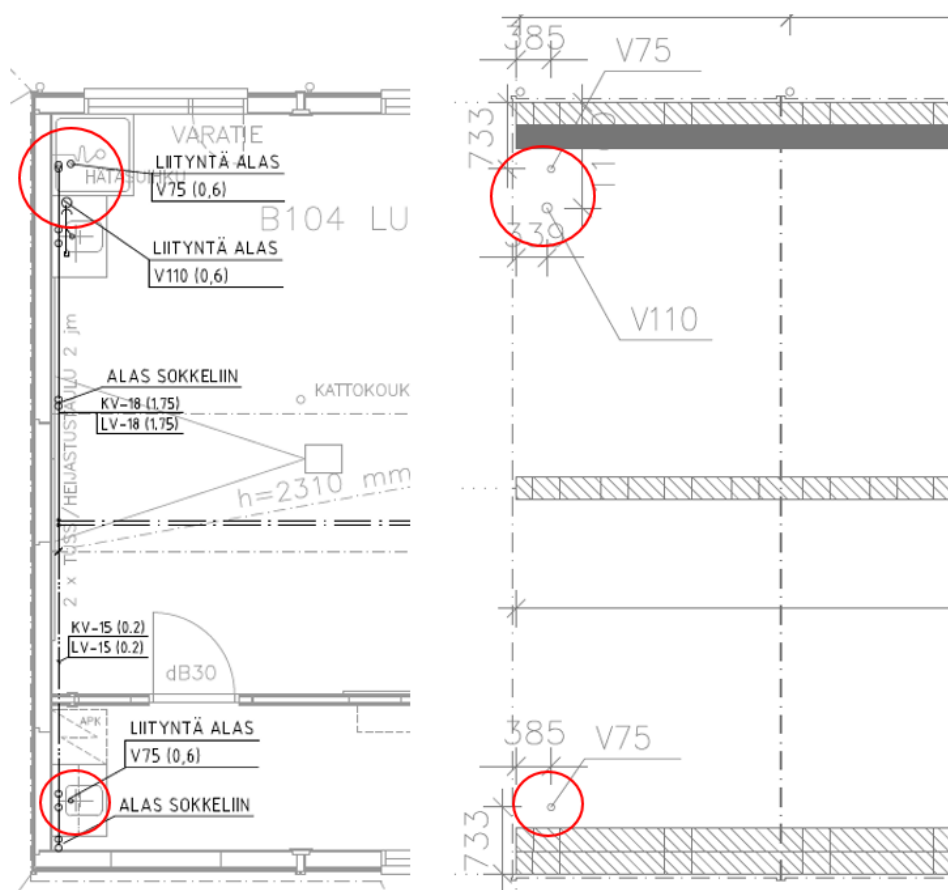
Jos rakennus on monikerroksinen, tuodaan vesijohdon nousu alemmasta kerroksesta ylempään kerrokseen rakennuksen ulkoseinällä tekniikkamoduulin vakioläpivientikohdan kautta. Vesijohtojen nousut pidetään sulana esimerkiksi eristämällä 50 mm villakourulla ja laittamalla sulanapitokaapeli. Kaapeli laitetaan yleensä vesijohdon ulkopuolelle eristekouruun. Nousuja kerrosten välillä ei tehdä moduulin ylä- ja alapohjan lävitse, koska niiden rakenteita ei haluta hajottaa.

Paikallinen paloviranomainen määrittää tarvitseeko rakennukseen asentaa pikapaloposteja. Pikapalopostille voidaan tuoda oma 28 (Cu) kytkentäjohto vesimittarin jälkeen. Kytkentä voidaan ottaa myös jo olemassa olevasta jakojohdosta, jos sen mitoitusvirtaama riittää.

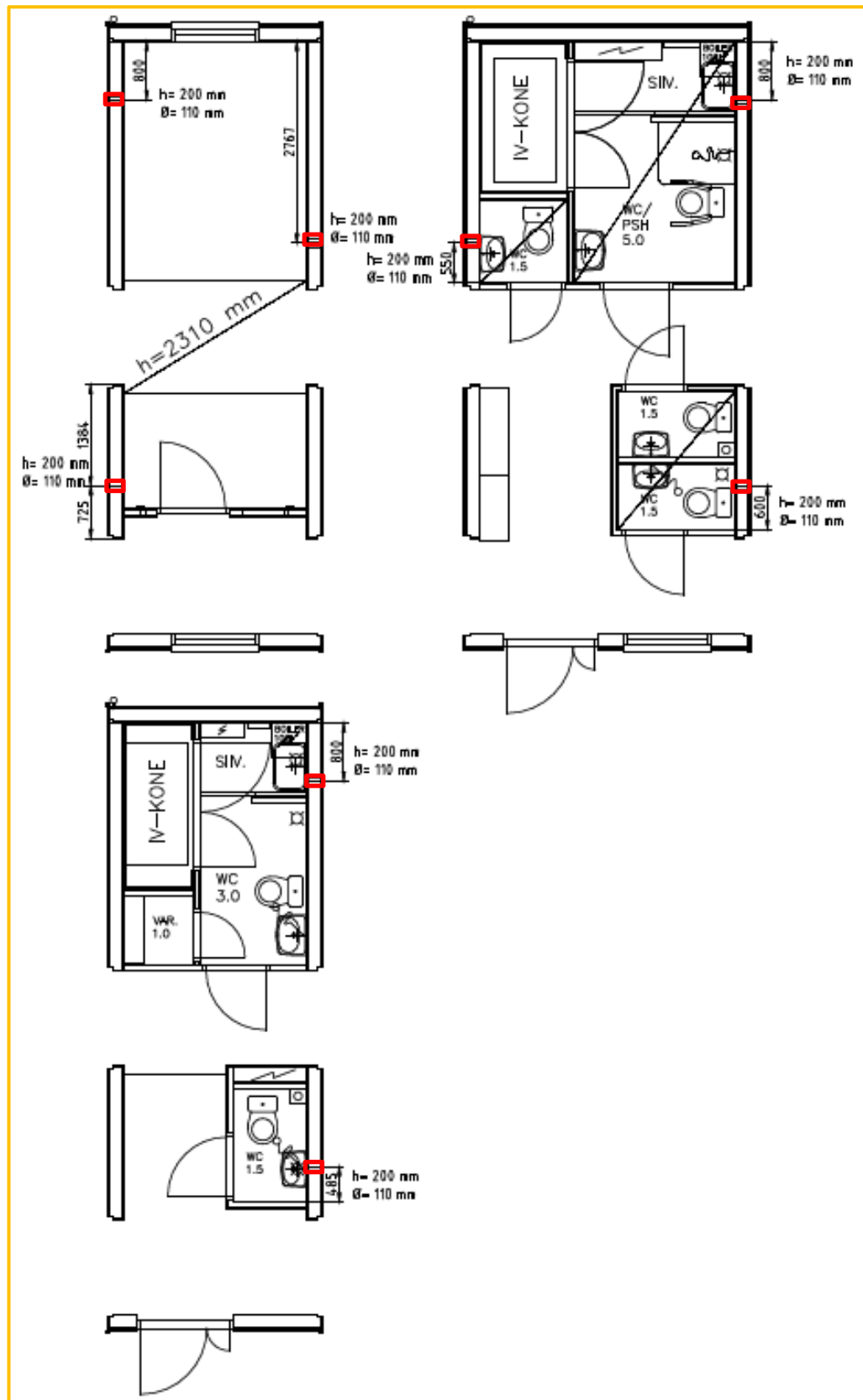
Jos C80-järjestelmässä tekniikkamoduulista tarvitsee johtaa vesijohtoja muihin moduuleihin, tapahtuu se joko tekniikkakuilun kautta keskellä rakennusta tai määriteltyjen läpivientikohtien kautta. Myös viemäriputkia voidaan viedä läpivientien kautta, jos niiden kaadot sen sallivat. Valmiit Ø 110 läpivientiaukot ovat moduulin sivuseinillä 200 mm korkeudessa. Läpivientien kohdat ovat merkattuna kuvaan 21. Moduulien välissä olevien ulkoseinien läpiviennit tulee eristää vesijohtojen ja viemäriputkien ympäriltä. Lisätyt vesipisteet olisi hyvä olla suunniteltu jo valmiiksi läpivientikohtien lähelle. Tekniikkamoduulin viereisessä moduulissa vesipiste tulee olla tekniikkamoduulin puoleisella seinällä. Rakennuksen päädyssä vesipiste olisi parasta sijoittaa päädyssä olevalle ulkoseinälle viemäröinnin takia. Rakennuksen päädyssä ei yleensä ole perustuspalkkia, joten viemäriinjat suunnitellaan kulkevan rakennuksen päädyssä (Kuva 20).

## Mitoitus

Käyttövesijohdot mitoitetaan Rakennusmääräyskokoelman osa D1 mukaan. Moduuleihin valitaan tarvittavat vesikalusteet uusille vesipisteille ja niissä käytettävät normivirtaamat D1 mukaan. Kalusteelle tuleva virtaama tulee olla 70–150 % mitoitusvirtaamasta. Mitoitusvirtaamat jakojohdoille määritellään kylmän ja lämpimän veden normivirtaamien summan mukaan ja sen perusteella valitaan jakojohdojen putkikoot. Käyttövesiputkien suurin sallittu virtausnopeus on 2 m/s. Vesikalusteiden kytkentäjohtojen putkikoot valitaan D1 mukaan tai niin että virtausnopeus on enintään 3 m/s. Jos rakennukseen lisätään paljon vesipisteitä, tulee myös tekniikkamoduulin putkikoot tarkastaa ja tarvittaessa muuttaa suuremmiksi. (Rakennusmääräyskokoelma osa D1 2007).



KUVA 20. Vasemmalla viemäreiden läpiviennit vesi- ja viemärisuunnitelmassa rakennuksen päädyssä, oikealla vastaavasti nousukohdat perustusohjeessa (Hyökkälän koulu 2017, AX:n arkisto)

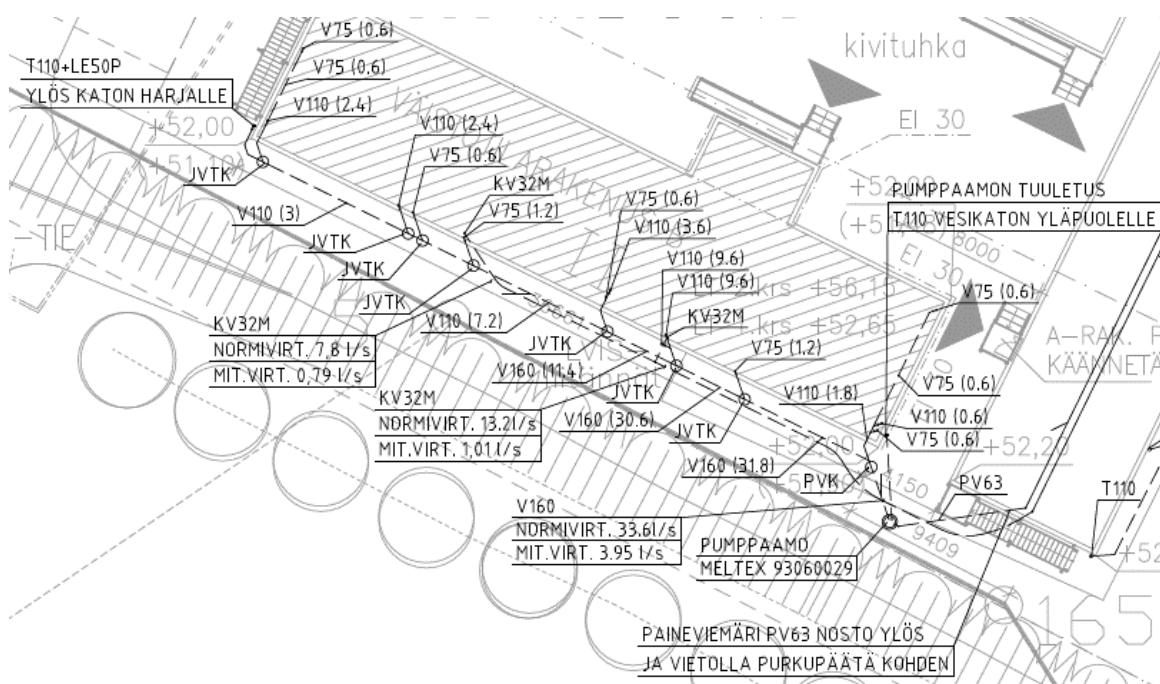


KUVA 21. C80 Vesi- ja viemärivakio läpivientikohdat viereiseen moduuliin (Cramo Adapteen arkisto)

### 4.3.3 Jätevesi

Jätevesiviemärit suunnitellaan Cramo Adapteen vesi- ja viemärityyppikuvien mukaisesti. Tekniikkamoduuliin on asennettu valmiiksi tietyn kokoiset viemäriputket. Valmiiksi asennetut viemärit kulkevat moduulien alapohjassa eristettynä. Tyyppikuvia voidaan tarvittaessa muuttaa kohteeseen sopivaksi, ottaen huomioon järjestelmän toiminta. Muutoksia ei tehdä, jos se ei ole välttämätöntä ja turhien läpivientien tekemistä välttämään. C90-järjestelmässä on tekniikkamoduulissa valmiiksi tulpattuja viemärivarauksia, jotka voidaan avata tarvittaessa.

Jos uusia lattiakaivoja tai viemäriläpivientejä tehdään moduuleihin, pyritään ne tuomaan seinän vierestä joko alapohjasta tai seinästä läpi ulos ja liittämään kokoojaviemäriin rakennuksen toiselle puolelle. Kuvassa 22 näkyy kokoojaviemäriin linja rakennukseen nähden. Kokoojaviemäriä ei asenneta rakennuksen keskelle, jos sille ei ole erityistä tarvetta. Jos viemäriputkia joudutaan kuitenkin tuomaan rakennuksen alitse maan pinnan yläpuolella, eristetään ne esimerkiksi kotelossa kivivillakourulla. Läpiviennit ja ulkona kulkevat viemäriputket eristetään siihen asti, että viemäri liittyy kokoojaviemäriin, joka kulkee routarajan alapuolella. Maanpäällisiin vesi- ja viemäriputkiin asennetaan aina sulanapito-kaapeli. Perustuspalkkeissa tulee olla aukot, tai rakennuksen alla ryömintätila, viemärien asennusta varten.



KUVA 22. Esimerkki runkoviemäriin linjasta (Hyökkälän koulu 2017, AX:n arkisto)

Moduulirakennuksissa, kuten muissakin rakennuksissa, määrätyissä tiloissa tulee olla lattiakaivot. Moduulirakennuksissa lattiakaivo tulee aina suihku- ja pesutiloihin, tekniseen tilaan ja keittiöön. Muihin tiloihin lattiakaivo asennetaan tarpeen mukaan. Huonetila, jossa on lattiakaivo, tulee tehdä vedeneristys. Jos lattiakaivolla on kuivumisvaara, voidaan käyttää kuivakaivoa, joka yhdistetään lattiakaivoon. Tekniikkamoduuleihin ja C80-järjestelmän kuraateismoduuliin, on valmiiksi tehty vedeneristykset ja asennettu lattiakaivot. Astianpesukoneiden ja pyykinpesukoneiden poistot viemäroidään pesualtaiden hajulukkoihin.

Jätevesiviemärin runkolinjan tuuletusputki on Ø 110 kokoinen putki ja se nostetaan katonharjan yläpuolelle rakennuksen ulkopuolella, yleensä rakennuksen jommankumman päätyseinän vierestä. Viemärin tuuletusputken nousu rakennuksen ulkopuolella lämpöeristetään ohjeiden mukaan. C80-järjestelmässä teknisessä moduulissa on alipaineventtiili, joka hoitaa teknisen moduulin viemärien paineentasauksen.

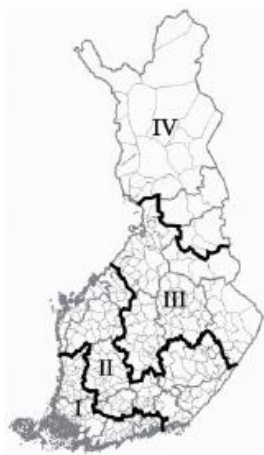
### **Mitoitus**

Viemäreiden koot, kaltevuudet ja tuuletustarve suunnitellaan ja mitoitetaan Rakennusmääräyskokoelman D1 määräysten ja ohjeiden mukaan. Jos tekniikkamoduuleiden ulkopuolelle asennetaan viemäreitä, tulee ne mitoittaa ohjeiden mukaan. Tuulettamattomat ja tuuletetut kytkentäviemärit mitoitetaan ohjeiden mukaan. Viemäreiden normivirtaamat valitaan ohjeiden mukaan. Lasketaan normivirtaamien summat ja mitoitusvirtaamat kokoojaviemäreissä. Viemäreiden mitoituksessa tulee huomioida vesipisteiden käytön todennäköinen samanaikaisuus. Viemäreiden mitoitusvirtaama on pienempi kuin siihen liittyvien normivirtaamien summa. Mitoitusvirtaama ei saa olla pienempi kuin suurin viemäriin liitetty normivirtaama. Viemäreiden tulee kyetä viemäroimään 1,5-kertaisesti siihen johdetut vesipisteiden virtaamat. WC-istuinten kytkentäviemäreiden koko on aina Ø110. Maassa kulkevat viemärit ovat vähintään Ø75-kokoisia. Tuuletusviemärin koko on Ø110. Vaakakokoojaviemärin pienin sallittu kaltevuus on 2 % ja kytkentäviemärin 1 %. (Rakennusmääräyskokoelma osa D1 2007).

## **4.4 Lämmitys ja jäähdytys**

Rakennuksen lämmitystehontarve lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 ohjeen mukaan. Rakennuksen lämmitystehotarpeeseen vaikuttavat rakennuksen muoto, rakenteiden lämmöneristävyys ja mitoituslämpötilat. Mitoituslämpötiloihin vaikuttavat

rakennuksen sijainti ja eri säävyöhykkeet. Suomi jakaantuu neljään säävyöhykkeeseen (kuva 23). Mitoituslämpötilat näkyvät taulukossa 4.



KUVA 23. Säävyöhykkeiden rajat Suomessa (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012)

TAULUKKO 4. Mitoittavat ulkolämpötilat ja vuoden keskimääräiset ulkolämpötilat (D3 Rakennusten energiatehokkuus 2012)

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila °C
I	- 26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Moduulirakennusten moduulikohtainen lämmönluovutus on lähtökohtaisesti valmiiksi mitoitettu, suunniteltu ja asennettu tehtaalla. C80-moduuleissa käytetään pääsääntöisesti kahta eri lämmönjakotapaa, suoraa sähkölämmitystä pattereilla tai vesikiertoista kattopaneelilämmitystä. C90-järjestelmässä on käytössä suora sähkölämmitys pattereilla, sekä jossain kohteissa vesikiertoinen lämmitys seinäpattereilla. Suora sähkölämmitys on eniten käytetty molemmissa järjestelmissä ja se on todettu helpoksi ja nopeaksi asentaa työmaalla. Sen käyttökustannukset tulevat edulliseksi, jos tilojen vuokra-aika on alle 5 vuotta. Järjestelmien lämmöneristys on parantunut aikaisemmasta ja lämpöhäviöt ovat pienentyneet verrattuna aikaisempiin järjestelmiin.

Vesi- ja viemäriputkistojen saattolämmityksiä varten on teknisen elementin siivouskomeeroon asennettu pistorasia. Keskuksessa on saattolämmitykselle yhdistelmäsulake ja merkki-valolla varusteltu käyttökytkin. Elementeissä on myös valmius räystäslämmityksille. Räystäslämmityksien ohjauksen toteuttaa termostaatti. (Valli 2017, 19).

#### 4.4.1 Vesikiertoinen kattolämmitys ja -jäähdytys

C80-järjestelmän yhtenä lämmönjakotapana ovat kattoon asennettavat suuret vesikiertoiset paneelit, joista lämpö siirtyy säteilemällä alaspäin. Ilmanvaihto edesauttaa lämmön siirtymistä paneeleista tasaisesti tilaan, kun tuloilmalaitteet ovat suunnattu oikein. Lämmitysjärjestelmään liitetään lisäksi myös vesikiertoisia pattereita, esimerkiksi WC-tiloihin. (Hyötyneliö-asiakaslehti 3/2016).

Kattopaneelit asennetaan huonekohtaisesti. Jokaisessa tilassa on termostaatti, jolla voidaan asettaa huoneisiin haluttu lämpötila, säädin osaa säätää moottoriventtiileitä tarpeen mukaan. Kattopaneeleita voidaan käyttää myös jäähdytyksessä. Myös jäähdytys toimii tarpeen mukaan termostaattiohjauksella huonekohtaisesti. Kattopaneelijärjestelmä on valmiiksi asennettu moduuliin tehtaalla, vain liitosputket ja toimilaitteiden asentaminen puuttuvat.

Kattopaneelit ovat C80-järjestelmässä Lindab Atrium Plana 1200x900 mm tai 1800x900 mm kokoisia paneeleita. Paneelissa kiertävät vesiputket ovat kuparia ja paneelin lämmönsiirtolevy alumiinia. (Lämmitys- ja jäähdytyspaneeli Atrium Plana, Lindab).



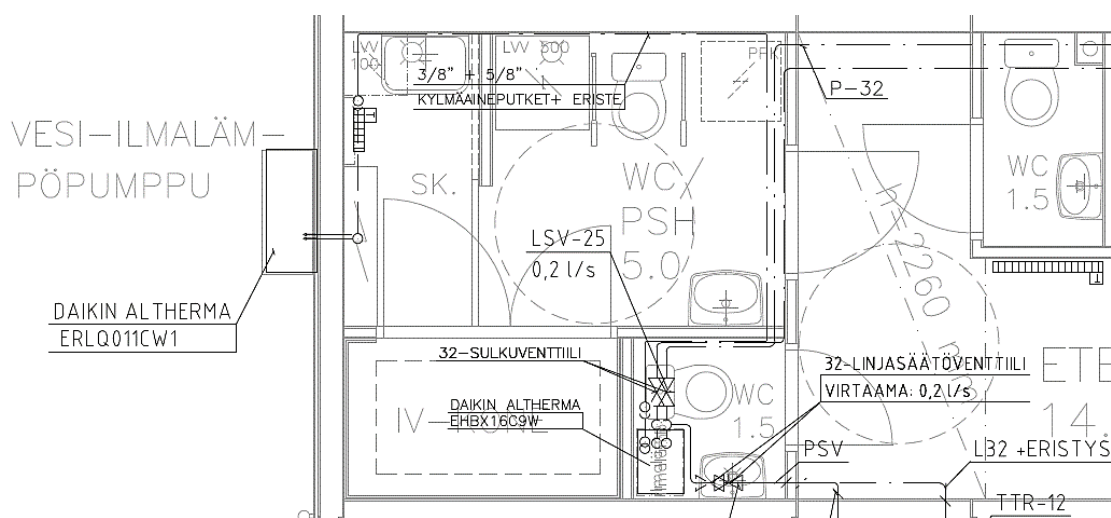
KUVA 24. Vesikiertoinen kattolämmitys- ja jäähdytyspaneeli (Hyötyneliö-asiakaslehti 3/2016)



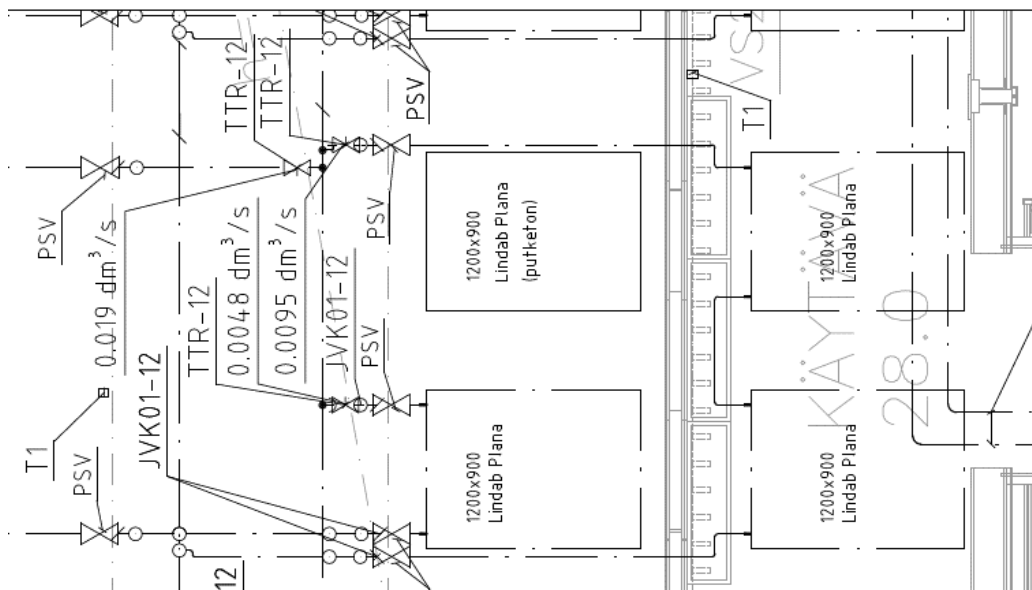
#### 4.4.2 Vesi-ilmalämpöpumppu

Vesikiertoisen kattopaneelilämmityksen lämmönlähteenä voi olla vesi-ilmalämpöpumppu. Vesikiertoinen lämmitys voidaan yhdistää myös muuhun lämmönlähteeseen, esimerkiksi kaukolämpöön. Vesi-ilmalämpöpumppu siirtää ulkoilman lämpöenergiaa vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään kierrättämällä ulkoilmaa ulkoyksikössä höyrystimen läpi. Tämä saa höyrystimen kylmäaineen muuttumaan kaasuksi. Kaasuksi muuttunut kylmäaine puristetaan kompressorissa korkeampaan paineeseen, jolloin kaasu kuumenee entisestään. Kuumen kaasun avulla lämmitetään lämmitysjärjestelmän vesi. Vesi-ilmalämpöpumppu on tehokas lämmöntuotantotapa ja sen asennuskulut ovat pienet.

C80-järjestelmän moduulirakennuksessa vesi-ilmalämpöpumppu voi olla esimerkiksi Daikin Altherma, jonka sisäyksikkö on mallia EHBX 16C9W ja ulkoyksikkö mallia ERLQ011CW1. Ulkolämpötilan ollessa 7 °C, ulkoyksikön lämmitysteho on 11 kW ja jäähdytysteho 12 kW. Sisäyksikkö on varustettu 9 kW lisäsähkövastuksella, joka kytkeytyy portaittain päälle, jos lämpöpumpun lämmitysteho ei yksin riitä. Lämmitysveden suunniteltu lämpötila on 45 °C ja jäähdytysveden 17 °C. Lämmityksen veden toimintalämpötila-alue on 15–55 °C ja jäähdytyksen 5–22 °C. Koska kattopaneelien pinta-ala on suuri, riittää 17 °C hyvin ylläpitämään huoneilman sopivan viileänä, noin 22 °C:ssa. Ulkoyksikön ja sisäyksikön välillä on kylmäaineputket, joissa on lämmönsiirtoaineena kylmäaine R-410A. Kylmäaineputket eristetään ohjeen mukaan. Tässä lämpöpumpussa on invertterikäyttöinen kompressor. (JR lämpötekniikka, Daikin Altherma vesi-ilmalämpöpumppu).



KUVA 25. Esimerkkikytkentä vesi-ilmalämpöpumpusta sisä- ja ulkoyksikkö (Lielahden koulun laajennus 2016, AX:n arkisto)



KUVA 26. Esimerkkikykentä vesikiertoisista Lindab Plana-kattopaneeleista (Lielahden koulun laajennus 2016, AX:n arkisto)

#### 4.4.3 Ilmanvaihdon jäähdytys

Keskusilmanvaihtokoneissa Enervent Pallas HP ja Envistar Top 6, voi olla kiinteä suora-höyrysteinen jäähdytysyksikkö. Jäähdytyspatteri on osa kylmäainepiiriä. Kylmäaine höyrystyy jäähdytyspatterissa tuottaen halutun jäähdytyksen tuloilmaan. Enervent Pallas HP on varustettu sisäänrakennetulla jäähdytysyksiköllä. Envistar Top 6-ilmanvaihtokoneen saa kiinteällä EcoCooler-jäähdytysyksiköllä. Jäähdytystehoa voi muuttaa portaattomasti taajuusmuuttajalla. Jäähdytetyn ilman jakelu tapahtuu ilmanvaihtokanaviston kautta. (Envistar-esite 2017, Enervent Pallas-esite).

#### 4.5 Tilakohtaiset erityistarpeet

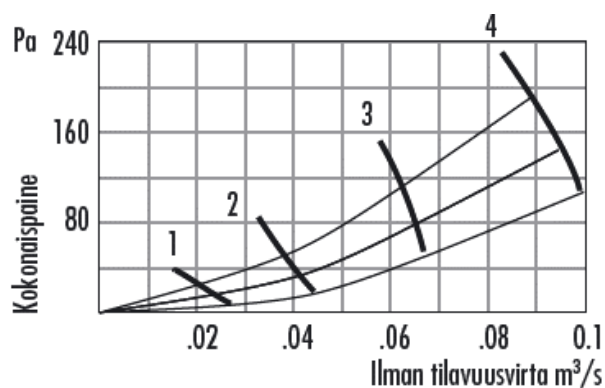
Koska kaikkien tilojen talotekniikka pyritään pitämään mahdollisimman alkuperäisenä, tulee eri tiloissa ottaa huomioon tiettyjä asioita. Tähän kappaleeseen on koottu yleisimpiä tilakohtaisia erityistarpeita.

##### 4.5.1 Fysiikan ja kemian luokka

Fysiikan ja kemian luokassa tulee huomioida kohdepoistojen tarve. Usein luokkaan sijoitetaan vetokaappeja, joista poistoilmakanava kulkee suoraan ulos. Vetokaapin poistoilmakanavassa voi olla esimerkiksi poistoilmapuhallin K125 EC ja ulospuhallussuutin UPA 125 K. Kohdepoistojen korvausilman järjestäminen saattaa olla haasteellista, koska korvausilma tulee yhden tuloilmakoneen kautta. Fysiikan ja kemian luokassa on yleensä useita vesipisteitä. Vesijohdot ja viemärit suunnitellaan ja mitoitetetaan tilakohtaisesti vesipisteiden mukaan. Fysiikan ja kemian luokassa pitää myös olla hätäsuihku. Hätäsuihkulta lähtee Ø 75 viemäri.

#### 4.5.2 Kotitalousluokka

Kotitalousluokissa ovat liesien päällä moottoroidut liesituulettimet rasvanpoistimella, joilla on oma erillinen jäteilmakanava ulos. Liesituuletin voi olla esimerkiksi Valloxin LTX. Kuviossa 7 on esitetty LTX-liesituulettimen ominaiskäyrät. Jäteilmakanavan ulospuhallussuutin voi olla esimerkiksi mallia UPA 125 K. Jossakin kotitalousluokissa voi olla myös huuvat ja erilliset poistoilmapuhaltimet. Kotitalousluokkiin tulee useita ruoanlaitto- ja käsienspesualtaita. Kotitalousluokissa on myös astianpesukoneita, joille vesi- ja viemäriiliityntä tehdään viereiseltä pesualtaalta. Vesijohdot ja viemärit suunnitellaan ja mitoitetetaan tapauskohtaisesti vesipisteiden mukaan.



KUVIO 7. Vallox LTX-liesituulettimen ominaiskäyrät (Vallox X-Line LTX Liesituuletin käyttö- ja huolto-ohje 2009)

#### 4.5.3 Teknisen työn luokka

Teknisen työn luokassa voi olla oma ilmanvaihtokone tai yleisilmanvaihto voi toimia myös keskusilmanvaihtokoneen kautta. Luokassa olevilla puunkäsittelykoneilla on omat

kohdepoistot. Luokassa tai luokan viereisessä tilassa on yleensä myös erillinen purunpoistolaite, mihin kohdepoistot ovat kytkettyinä. Haasteellista teknisen työn luokissa on järjestää tarpeeksi korvausilmaa, koska poistoilmavirta on yleensä niin suuri.

Teknisen työn luokan tilaluokituksen ja ATEX-laitteiden tarve pitää arvioida aina tapauskohtaisesti. Sahanpuru ei yleensä muodosta räjähdyskelpoista pöly-ilmaseosta, mutta hiontapöly voi mahdollisesti muodostaa. Purunpoistojärjestelmä ei myöskään yleensä ole räjähdysvaarallinen, vaan siihen kytketyn purunpoistolaitteen sisäpuolinen tila voi mahdollisesti olla. Purunpoistojärjestelmä tulee muistaa maadoittaa asianmukaisesti, jotta staattista sähkövarausta ja sitä kautta syttymistä ei pääse syntymään. (Korhonen 2016)

Jos teknisen työn luokassa on maalauskaappi, tulee sille oma kohdepoisto ja oma tuloilma, jotka johdetaan suoraan luokasta ulos. Jos kouluissa tai muissa rakennuksissa on varastotilaa, missä säilytetään maaleja tai muita syttyviä aineita, tulee tilaluokituksen ja ATEX-laitteiden tarve selvittää myös tapauskohtaisesti.

#### **4.5.4 Kuraeteinen**

Molemmissa järjestelmissä on erikseen kuraeteismoduuli. Se on erityisen hyödyllinen päiväkodeille ja koulujen alaluokille. Moduuli tai moduulit asennetaan kiinni sisäänkäynnin kohdalle. Kuraeteinen on tehty täysin valmiiksi tehtaalla. Se on verhoiltu kostean tilan seinälevyllä. Heti sisäänkäynnin yhteydessä on kurasyöppö, josta lähtee lattiakaivo. Kurasyöpön vieressä on RST-allas kuraharjalla ja sen vesi johdetaan hiekanerotuskaivon kautta viemäriin. Kuraeteisessa on kolme kuivauskaappia. Käyttövesijohdot liitetään tekniikkamoduulista rakennukseen sisäänkäynnin kohdalta yläjakoisesti.

Kuraeteisessa on pieni alakattoasenteinen ilmanvaihtokone Enervent LTR-2 Eco ECE. Ilmanvaihtokone on varustettu pyörivällä lämmönsiirtimellä ja sähköisellä lämmityspatterilla ja sen maksimi ilmavirrat ovat +/- 75 l/s. Tuloilmaventtiilit ovat STQA-125. WC-tilan poistoilmaventtiili on KSO-100 (Liite 3).

#### **4.5.5 Käytävät**

Käytävien ilmavirrat mitoitetaan D2 mukaan. Joskus koulurakennuksissa käytävien vaadittavien tuloilmavirtoja toteutuminen on haastavaa. Käytävät ovat yleensä melko kapeita, eikä niitä ole suunniteltu oleskelukäyttöön. Käytävä, missä ei tapahdu oleskelua, voidaan mitoittaa ilmavirran 1 l/s mukaan. Jos käytävätilan yhteyteen liittyy esimerkiksi ryhmätyötila, on käytävän ilmavirta mitoitettava myös ryhmätyötilan mukaan. Ryhmätyötilojen ilmavirrat mitoitetaan suuremmiksi kuin käytävätilojen. Käytävissä pitää myös huomioida, voidaanko tuloilma poistaa tekniikkamoduulin kautta vai tarvitseeko käytäville omat poistoilmakanavat. Jos käytävätilan ja esimerkiksi luokkatilan välissä on siirtoseinä, tulee huomioida, mistä kohtaa ilmanvaihtokanavat voidaan viedä seinän läpi.

#### **4.5.6 Päiväkodin lepo- ja leikkihuone**

Niin päiväkodeissa, kuin muissakin rakennuksissa, erityisesti huomioon otettava asia on tilojen äänitasot. Päiväkodeissa lepoahuoneen sallittu keskiäänitaso on 28 dB ja maksimiäänitaso 33 dB (Rakennusmääräyskokoelma D2 2012). Usein lepoahuoneiden äänitasoa ei saada tarpeeksi alas ilman, että päätelaitteille asennettaisiin kaikille päätelaitteille vaimennuslaatikot lepoahuoneen puolelle. Tämä kannattaa jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon, sillä jälkiasennus on aina huono vaihtoehto. Päiväkoteihin ja rakennuksiin, missä on pieniä lapsia, on suositeltavaa laittaa turvanupillinen vesihana tai rajoittaa veden lämpötila-aluetta hanasta asennusvaiheessa.

#### **4.5.7 WC-tilat**

Teknisen moduulin WC-tilojen ilmavirrat mitoitetaan määräysten mukaan. Jos rakennuksessa ei toteudu vaadittu ilmavirtojen tasapaino, voidaan esimerkiksi WC-tilojen poistoilmavirtaa nostaa kanavan koon ja päätelaitteen sallimissa rajoissa, tasoittamaan rakennuksen ilmavirtojen tasapainoa. WC-tiloissa voi olla joko ainoastaan poistoilmakanava tai sekä poisto- että tuloilmakanava. Jos on pelkästään poistoilmakanava, niin korvausilma WC-tilaan johdetaan oviraon kautta. Jos WC-tiloihin johdetaan ilmanvaihtokoneelta omasta tuloilmakanavasta tuloilma, voi se tuottaa haasteita muiden tilojen poistoilmavirran johtamisen kanssa. Esimerkiksi käytävien poistoilman johtaminen ulos on haastavampaa, jos niiden ilmaa ei voi poistaa WC-tilojen kautta. Silloin muihin tiloihin, kuten käytäville, tarvitsee asentaa lisää poistoilmakanavia, jotta koko rakennuksen ilmanvaihdon tasapaino säilyy. Tekniikkamoduulin WC-tilojen vesi- ja viemäriputket ovat valmiiksi

asennettu jo tehtaalla. Valmiiksi asennettuja vesi- ja viemäriputkia voidaan tarvittaessa tulpata, mutta ei poistaa.

#### **4.5.8 Keittiö ja ruokasali**

Rakennuksissa voi olla niin valmistus- kuin jakelukeittiöitäkin. Keittiöiden ilmanvaihto ja vesi- ja viemäriputket suunnitellaan ja mitoitetetaan aina sen käyttötarkoituksen ja laitteiston mukaan. Yleisilmanvaihto suunnitellaan rakennusmääräyskokoelman D2 mukaan. Useimmiten moduulirakennuksissa on jakelukeittiöitä. Ennen ilmanvaihdon suunnittelua tulee olla selvillä keittiöön tulevat laitteet. Laitteille asennetaan omat kohdepoistot ja tuloilma, jotta epäpuhtauksia poisto olisi mahdollisimman tehokasta. Kohdepoistojen ulko- ja jäteilma johdetaan kanavien kautta suoraan ulos. Lämmöntalteenotto tästä ilmasta ei ole järkevää, koska keittiön poistoilma on yleensä niin kosteaa, että lämmöntalteenotto voi jäätä. Keittiö tulee olla alipaineinen ruokasaliin tai muuhun asiakastilaan nähden. Keittiölaite- yrityksillä on omia mitoitusohjelmia, joilla voi mitoittaa keittiölaitteiden tarvitseman poistoilmavirran suuruuden. Myös RT-kortista 94–11254 (Ammatti-keittiöt 2017) löytyy laskentaohjeita.

Keittiölaitteiden perusteella suunnitellaan niille tarvittavat vesijohdot ja viemärointi. Keittiön lattiakaivojen tulee olla RST-kaivoja sakka-astialla ja jos keittiö on valmistuskeittiö, niin tarvitaan sinne myös valurautaviemäri ja rasvanerotuskaivo (Rakennusmääräyskokoelma D1). Koska keittiömoduuleissa ei yleensä ole vakioratkaisuja, tehdään viemäreille läpiviennit suoraan alapohjan lävitse ja johdetaan ne rakennuksen alta runkoviemärillem, samoin tehdään myös ruokasalissa. Valmistuskeittiössä vesipisteitä tulisi olla erikseen käsienvesulle, ruoanvalmistukselle, astianpesulle ja siivoukselle. Keittiömoduulissa on yleensä oma lämminvesivaraaja, johon kylmävesi ketjutetaan tekniikkamoduulista ulkokautta. Keittiömoduulit sijoitetaan rakennuksen päätyyn.

Koska ruokasalit ovat yleensä melko isoja, voivat ne tarvita oman ilmanvaihtokoneen. Ruokasalia voi myös palvella useampi keskusilmanvaihtokone. Ruokasalin ilmavirta mitoitetaan käyttäjämäärän mukaan. Ruokasaleissa on ruoanjakelulinjastot, joihin keittiössä valmistettu ruoka tuodaan tarjolle. Jos jakelulinjastossa on kylmävesiautomaatti, tarvitsee sinne tuoda kylmävesijohto. Linjastoissa lämpöhauteiden alle olisi hyvä tehdä lattiakaivo, jotta lämpö(vesi)hauteissa olleet vedet voidaan suoraan tyhjentää lattiakaivon kautta viemäriin.

## 5 KEHITYSIDEOITA

Tässä työssä on kehitetty suunnittelun tueksi tarkastuslista, jota seuraamalla kaikki oleelliset asiat muistetaan ottaa huomioon. Suunnittelun kannalta erityisen tärkeää on ottaa ajoissa jo huomioon mahdolliset tulevat haasteelliset kohdat. Ennakoinnilla useimmiten säästetään lopulta rahaa ja aikaa, sekä saadaan tyytyväisiä käyttäjiä. Nykyisissä LVI-järjestelmissä suunnittelussa on muutamia tärkeitä asioita, mitä voi ennakoida jo hyvissä ajoin. Ilmanvaihdossa tulee ottaa huomioon jo heti alussa rakennuksen lopullinen käyttäjämäärä ja ilman riittävyys ja sen myötä miettiä, tarvitaanko lisäilmanvaihtokoneita. Jälkeenpäin uusien ilmanvaihtokoneiden hankinta ja asennus on aina hankalaa ja kallista. Koko rakennuksen ilmanvaihdon tasapaino on tärkeä muistaa. Myös äänenvaimennusrakenteiden eli ”desibelikoppien” ja muiden äänenvaimentimien tarve, tulee ottaa huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa. Jos ilmavirtaa ei ole mitoitettu riittäväksi tai jos ilmanvaihto aiheuttaa äänihaittaa, tulee siitä usein palautetta käyttäjiltä. LVI-järjestelmiin tulisi tulevaisuudessa lisätä nykyistä enemmän automaatiota. Niin saataisiin aikaiseksi hallittu ilmanvaihto ja tasaiset sisälämpötilat. Automaatiolla voidaan ottaa huomioon sisäilman laatu ja pitää ilmavirrat tarpeenmukaisina.

Koska moduulit ja niiden LVI-järjestelmät ovat suurimmaksi osaksi valmiiksi kehitettyjä, ei suunnittelussa voida suuria muutoksia tehdä. Tärkeintä on tietää, mitä moduuleissa on mahdollista tehdä ja mitä ei. Nykyiset LVI-järjestelmät ovat toimivia, mutta aina on tietysti varaa kehittää. Jotta järjestelmiä voitaisiin kehittää, tarvisi myös moduulien rakenteita muuttaa. Jos rakenteita muutettaisiin, mielestäni tärkeintä olisi huonekorkeuden kasvattaminen. Huonekorkeutta kasvattamalla olisi mahdollista asentaa nykyistä isompia ilmanvaihtokanavia ja asentaa niihin äänenvaimentimia, ilman, että oleskelu tiloissa olisi epämukavaa. Nykyistä suuremmat kanavat ja suuremmat ilmavirrat vaatisivat myös nykyistä isomman ilmanvaihtokoneen. Nykyistä isompi ilmanvaihtokone tarvitsisi edelleen isomman teknisen tilan kuin ennen, mihin se asennettaisiin. Ainakin suurissa rakennuksissa voisi myös perustusten korkeutta kasvattaa, jotta rakennuksen ja maanpinnan väliin jäisi enemmän tilaa kuin aikaisemmin. Tämä helpottaisi viemärien kaatojen tekemistä, sekä viemäreiden eristämistä ja asentamista ja alapohjan tuulettuminen paranisi.

Osassa rakennuksia on käytössä vesikiertoinen lämmitys. Tämän käyttö jatkossa on kannattavaa. Vesikiertoisen lämmityksen voi kytkeä erilaisiin lämmönlähteisiin. Vesikiertoisen lämmönlähteenä voi olla esimerkiksi kaukolämpö tai vesi-ilmalämpöpumppu. Vesi-ilmalämpöpumppu on helppo asentaa ja se on energiatehokas. Sen käyttö säästää asiakkaalla lämmityksen käyttökustannuksia. Kovin lyhyellä vuokra-ajalla tämä ei tosin ole kannattavaa, koska asennuskustannukset ovat kuitenkin suuremmat kuin käyttökustannukset verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Yli 5 vuoden vuokra-aikojen kohteissa sitä tulisi suosia. On myös hyvä markkinointikeino mainostaa uusiutuvan energian käyttöä. Ulkoseinärakenteita voitaisiin eristää lisää, jotta niiden energiahäviötä saataisiin pienemmiksi. Moduulien asentamiset ja liitänköhtien tiivistämiset tulee tehdä huolella, jotta lämmitysenergiaa ei hukattaisi vuotoilman mukana.



## 6 POHDINTA

Tavoitteenani oli luoda uusi LVI-suunnitteluohje Cramo Adapteon C80- ja C90-moduulijärjestelmiin. Ohjeeseen kokosin yhteen tietoa järjestelmien suunnittelusta ja järjestelmien LVI-laitteista ja – osista. Suunnitteluohjeen lisäksi kokosin myös suunnittelun muistilistan, johon on lueteltu LVI-järjestelmäkohtaisesti huomioon otettavat asiat. Mielestäni ohje on erityisen hyödyllinen uusille suunnittelijoille ja niille, jotka eivät ole aikaisemmin olleet tekemisissä moduulirakennusten kanssa. Työhön on koottu myös yleisesti tietoa moduulirakentamisesta ja moduuleista. Ohjeesta löytyvää tietoa ei ole aikaisemmin kerätty yhteen, eikä sitä ole ollut kovin helposti saatavilla. Moduulirakennusten LVI-suunnittelu poikkeaa muista rakennuksista ja siinä täytyy ottaa paljon asioita huomioon, jotta lopputulos olisi toimiva. Mielestäni suunnitteluohjeesta tuli tarkoituksenmukainen ja siitä on helppo etsiä tarvittavia tietoja suunnittelun avuksi.

Onnistuin mielestäni kokoamaan oleellisen tiedon hyvin yhteen pakettiin. Alue oli laaja, joten välillä oli vaikea miettiä, mitä asioita kannattaa tuoda esiin ja mitä jättää pois. Suunnitteluohjeeseen ei ollut tarkoitus sisällyttää tarkkoja mitoitusohjeita kaikkiin järjestelmiin, mutta halusin kuitenkin tuoda jotain mielestäni tärkeimpiä asioita mitoituksesta esille. Lämmityssuunnittelun osuuden jätin kaikin osin muita osuuksia pienemmäksi, koska vesikiertoisia lämmitysjärjestelmiä käytetään rakennuksissa tällä hetkellä vain vähän. Oli kuitenkin hyvä, että vesikiertoisesta lämmityksestä tuli tehtyä pieni osuus, jotta sen toiminnasta saa käsityksen. Toinen moduulijärjestelmä, C90, on vasta otettu käyttöön Suomessa, joten sen suunnittelusta minulla ei ollut omaa kokemusta. Erityisesti C90-järjestelmän suunnittelun haasteelliset kohdat eivät ole vielä kaikki tulleet tietoon. Ohjeesta löytyy enemmän tietoa C80-järjestelmästä, kuin C90-järjestelmästä, mutta monet asiat toimivat samalla periaatteella molemmissa järjestelmissä ja haasteelliset kohdat ovat molemmissa järjestelmissä samankaltaisia. Suurin eroavaisuus järjestelmien tekniikassa on erilainen ilmanvaihtokanavisto.

Työhön on kerätty asioita, mitkä ovat aikaisemmin olleet haastavia, ja mitä täytyy erityisesti ottaa huomioon suunnittelussa. Nämä asiat ovat suurimmaksi osaksi tulleet esille oman suunnittelukokemuksen kautta. Haasteellisinta moduulirakennusten LVI-suunnit-

telussa on tilojen ahtaus ja muutosten tekemisen välttäminen, sekä aikataulujen kiireellisyys. Usein rakennussuunnitelmat myös muuttuvat ja uusia LVI-suunnitelmia tarvitaan nopeasti. Työssä on pyritty löytämään näihin haasteisiin ratkaisu ja paras tapa toimia.

Työssä oli haastavaa miettiä, kuinka paljon vanhoihin rakennusmääräyksiin voi viitata. Työtä aloittaessani ei ollut vielä julkaistu rakennusmääräysten uusia asetuksia eikä niihin liittyviä oppaita. Mielestäni kuitenkin määräyksiin ja ohjeisiin viittaaminen oli monin paikoin tarpeellista, joten viittaukset on tehty nyt jo vanhentuneisiin määräyksiin. Tulevaisuudessa pitää ottaa huomioon uudet asetukset laatiessa suunnitelmia. Uusia asetuksia ja vanhoja ohjeita voidaan käyttää päällekkäin, kun uudet asetukset täyttyvät. Monet tässä työssä esitetyt asiat liittyvät esimerkiksi moduulien rakenteisiin ja järjestelmien kuvauksiin, joihin uudet asetukset eivät vaikuta. Opinnäytetyötä olisi hyödyllistä jatkaa tulevaisuudessa päivittämällä uusia asetuksia koskevat kohdat työhön. Päivitys kannattaa tehdä, kun asetuksiin liittyvät oppaat on julkaistu.

## LÄHTEET

Alapohjarakenteita 2010. RT-kortti 83–11009. Rakennustieto. Luettu 10.1.2018

Ammattikeittiöt 2017. RT-kortti 94–11254. Rakennustieto. Luettu 21.1.2018

Aronen T. Product Engineer, HVAC. Product Development Team. Cramo Adapteo. Haastattelut 2017/2018. Haastattelija Iida Mäkkylä.

AX-Suunnittelu. LVI. Luettu 20.11.2017  
<https://www.ax.fi/fi/palvelut/lvi>

Cramo Adapteo. Luettu 20.11.2017  
[www.cramoadapteo.fi](http://www.cramoadapteo.fi)

Cramo Adapteo. Cramo Draw-ohjelma. Luettu 9.12.2017  
<https://www.cramoadapteo.fi/vuokraus/cramo-draw/>

D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Määräykset ja ohjeet 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Luettu 6.11.2017  
<https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/108429.html.stx>

D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Luettu 6.11.2017  
[https://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012\\_Suomi.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf)

D3 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Määräykset ja ohjeet 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Luettu 20.11.2017  
[https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012\\_Suomi.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf)

Daikin Altherna ilma-vesilämpöpumppu. JR lämpötekniikka. Luettu 25.1.2018  
<http://www.jrlampotekniikka.fi/lammitysratkaisut/tuotteet/ilmavesilampopumput/daikin-altherna-ilma-vesilampopumppu.html>

Energiatodistus. 2018. Motiva. Luettu 20.11.2017  
<http://energiatodistus.motiva.fi/mika-on-energiatodistus/milloinvaaditaan/>

Enervent Liggolo-esite. Enervent. Luettu 12.12.2017  
[https://www.enervent.fi/data/fi/brochures/Liggolo\\_2012\\_fi.pdf](https://www.enervent.fi/data/fi/brochures/Liggolo_2012_fi.pdf)

Enervent LTR 2-esite. Enervent. Luettu 12.12.2017  
<https://www.enervent.fi/product/ltr-2/>

Enervent Pallas-esite. Enervent. Luettu 12.12.2017  
<https://www.enervent.fi/product/pallas/>

Envistar-esite 2017. IV Produkt. Luettu 25.12.2017  
[https://ivprodukt.docfactory.com/#!/doc/topic:Envistar\\_broschyr](https://ivprodukt.docfactory.com/#!/doc/topic:Envistar_broschyr)

Hyötyneliö 3/2016. Cramo Adapteon asiakaslehti. Luettu 20.1.2018  
[https://issuu.com/cramoadapteo/docs/cramo\\_adapteo\\_hyotynelio\\_3\\_16\\_issuu](https://issuu.com/cramoadapteo/docs/cramo_adapteo_hyotynelio_3_16_issuu)

Kiinteistövero. 2017. Vero. Luettu 3.12.2018

<https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/kannanotot/60288/konttiasunnot-ja--rakennukset-kiinteist%C3%B6verotuksessa/>

Konttiasunnot ja -rakennukset kiinteistöverotuksessa. 2017. Vero. Luettu 3.12.2017

<https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/kannanotot/60288/konttiasunnot-ja--rakennukset-kiinteist%C3%B6verotuksessa/>

Konttinen M. 2014. Kouluparakeista tuli miljoonabisnes. Yle. Luettu 12.2.2018

<https://yle.fi/uutiset/3-7490966>

Korhonen P. 2016. Maistiaisat ATEX-koulutuksesta. Exvira Oy. Luettu 15.1.2018

[http://www.exvira.fi/fi/wp-content/uploads/2017/01/Maistiaisat\\_ATEX\\_koulutuksesta2016-1.pdf](http://www.exvira.fi/fi/wp-content/uploads/2017/01/Maistiaisat_ATEX_koulutuksesta2016-1.pdf)

Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 2013. Finlex. Luettu 9.1.2018.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130050>

Lämmitys- ja jäähdytyspaneeli Atrium Plana. Lindab. Luettu 15.2.2018

[https://itsolution.lindab.com/LindabWebProductsdoc/pdf/Documentation/Comfort/FIN/Technical/Atrium\\_Plana.pdf](https://itsolution.lindab.com/LindabWebProductsdoc/pdf/Documentation/Comfort/FIN/Technical/Atrium_Plana.pdf)

Mölsä S. 2017. Rakennuslehti. Luettu 1.2.2018

<https://www.rakennuslehti.fi/2017/04/suomessa-koulujen-sisailma-on-puhtaampaa-mutta-oirehtivia-ihmisia-on-enemman-kuin-muualla-euroopassa/>

Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö 2002. LVI-kortti 50–10345. Rakennustieto. Luettu 10.1.2018

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. Finlex. Luettu 4.12.2017

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

My Vallox-ilmanvaihtokoneen ohje 2018. Vallox. Luettu 15.1.2018

[https://www.vallox.com/tuotteet/vallox\\_245\\_mv.html](https://www.vallox.com/tuotteet/vallox_245_mv.html)

Rakentamisen eri toteutustapoja. 2014. Rakentaja.fi. Luettu 8.1.2018

[https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11909/rakentamisen\\_eri\\_toteutustapoja.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11909/rakentamisen_eri_toteutustapoja.htm)

Sell J. Rakennus-LVI-yksikön johtaja. Insinööritoimisto AX-LVI Oy. Haastattelut 2017/2018. Haastattelija Iida Mäkkylä.

Sisäilmasto- ja ilmanvaihto-opas. 2018. Talotekniikkainfo. Luettu 10.2.2018

<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 2015. Finlex. Luettu 9.1.2018

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Suomen LVI-liitto. 2017. Uusi asetus rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta sekä FINVAC:n oppaat. Luettu 20.1.2018

<https://www.sulvi.fi/uusi-sisailma-ja-ilmanvaihto-asetus/>

Säynäjäjärvi T. 2017. Parakkikoulujen vuokriin kymmeniä miljoonia – alan kilpailu lähes olematonta. Keskisuomalainen. Luettu 21.2.2018  
<https://www.ksml.fi/teemat/sunnuntaisuomalainen/Parakkikoulujen-vuokriin-kymmeni%C3%A4-miljoonia-%E2%80%93-alan-kilpailu-l%C3%A4hes-olematonta/962675>

Tuunanen J. LVI-suunnittelija. Insinööritoimisto AX-LVI Oy. Haastattelut 2017/2018. Haastattelija Iida Mäkkylä.

Valli V-P. 2017. Tilaelementtien asennus-, huolto- ja purkuohjeistus. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Luettu 20.1.2018  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/135149/Valli\\_Ville-Pekka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/135149/Valli_Ville-Pekka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vallox X-Line LTX Liesituuletin.2009. käyttö- ja huolto-ohje. Luettu 8.1.2018  
<http://www.taloon.info/pdf/KAHULtx.pdf>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Suomen säädöskokoelma. Luettu 10.2.2018.  
<https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171010.pdf>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta 1009/2017. Suomen säädöskokoelma. Luettu 15.2.2018.  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BD817C4E3-838E-45EF-81A2-9402549A7AF9%7D/133646>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 2017. Finlex. Luettu 14.2.2018  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796#Pidp450488544>

## Liite 1. Ilmavirtataulukko

Tila/käyttötarkoitus	Ulko-ilmavirta (l/s)hlö	Ulko-ilmavirta (l/s)m2	Poisto-ilmavirta l/s(m2	Äänitaso keskiarvo/ max dB	ilman nopeus talvi/kesä m/s
<b>Toimistorakennukset</b>					
Toimistohuone ja vastaavat tilat		1,5		33/38	0,20/0,30
Neuvotteluhuone	8	4		33/38	0,20/0,30
Asiakastila		2		38/43	0,30/0,40
Käytävätila		0,5		38/43	0,30
Kahvio, taukotila		5		38/43	0,25
Arkisto, varasto			0,35		
Kopiointihuone	1	4			
<b>Oppilaitokset</b>					
Opetustilat	6	3		33/38	0,20/0,30
Käytävät/Aulat		4		38/43	
Liikuntasali:					
– liikuntasalikäyttö		2		38/43	0,30
– juhlasalikäyttö		6		33/38	0,25
Luentosali	8	6		33/38	0,20/0,30
Ryhmätyötila	8	4		33/38	0,20/0,30
Ruokala	6	5		33/38	
Varastot			0,35		
<b>Päiväkodit</b>					
Lepohuoneet	6	2,5		28/33	0,20/0,30
Leikki- ja ryhmähuoneet	6	2,5		33/38	0,20/0,30
Vesileikkihuone		2		33/38	0,20/0,30
Eteinen		2		33/38	0,20
Märkäeteinen			5		
<b>Myymälät</b>					
Myymälä		2		43/48	0,25
<b>Hoitolaitokset</b>					
Sairaalan potilashuone	10	1,5		28/33	0,20/0,30
Sairaalan toimenpidehuone		2		33/38	0,20/0,30
Sairaalan kuntoutushuone		2		33/38	0,20/0,30
Sairaalan oleskelutila		3		33/38	0,20
Lastenhoitotilat		2		33/38	0,20/0,30
Pitkäaikaipotilaiden hoitotilat		2		33/38	0,20/0,30
Käytävä		0,5		33/38	0,20/0,30
Odotustilat		3		33/38	0,20/0,30
Potilas- ja odotustilojen WC				38/43	0,20
Huuhdeluhuone				38/43	0,20
<b>Muiden kuin asuntojen hygieniatilat sekä muut tilat</b>					
WC:t					
– työpaikkatiloihin tai vastaaviin liittyvät			20/paikka	38/43	
– yleisön käyttämiin tiloihin liittyvät			30/paikka	38/43	
Pesuhuone		3	5	38/43	0,20
Pukuhuone		5	4/kaappi	38/43	0,20
Saunan löylyhuone		1	2	38/43	
Siioustitilat			4	38/43	
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	38/43	

## Liite 2. Muistilista C80 & C90 – järjestelmän ilmanvaihto- ja vesi- ja viemärisuunnitteluun

### Tiedossa ennen suunnittelua

- ☐ uudet/vanhat Silotekit pohjakuvassa
- ☐ ilmanvaihtokoneet
- ☐ käyttäjämäärät
- ☐ siirtoseinien läpivientikohdat
- ☐ perustusohje

### KVV-suunnitelma

- ☐ jo olemassa oleva KVV-suunnitelma alueelta
  - ☐ alueella tai läheisyydessä jo olemassa olevat sadevesi- ja viemärikaivot
- ☐ Tonttijohtojen liitoskohtalausunto kunnalta
  - ☐ vesijohdon liittämiskohta ja painetaso
  - ☐ padotuskorkeus
- ☐ Paikkakunnan routaraja
  - ☐ asennussyvyys
  - ☐ eristyksen tarve
  - ☐ sulanapitokaapelit
- ☐ Liittymiskorot
  - ☐ kaivojen korot
- ☐ viemäreiden kaadot
- ☐ sadevesiputkien kaadot

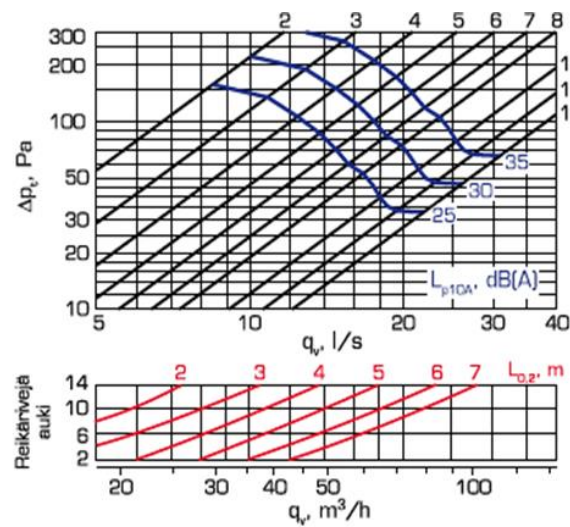
### vesi- ja viemärisuunnittelu

- ☐ perustusohje
- ☐ uudet vesipisteet ja -kalusteet
  - ☐ tarvittavat kaadot
  - ☐ lattiakaivot (RST-kaivot, hiekanerotuskaivot)
  - ☐ läpiviennit alapohjasta
- ☐ vesi- ja viemäriputkien läpiviennit viereisiin moduuleihin
- ☐ lämminvesivaraajien riittävyys
- ☐ eristyksen tarve
- ☐ vesimittarin paikka
- ☐ tilakohtaiset erityistarpeet
  - ☐ hätäsuihkut
  - ☐ kurasyöpöt, kuraharjat

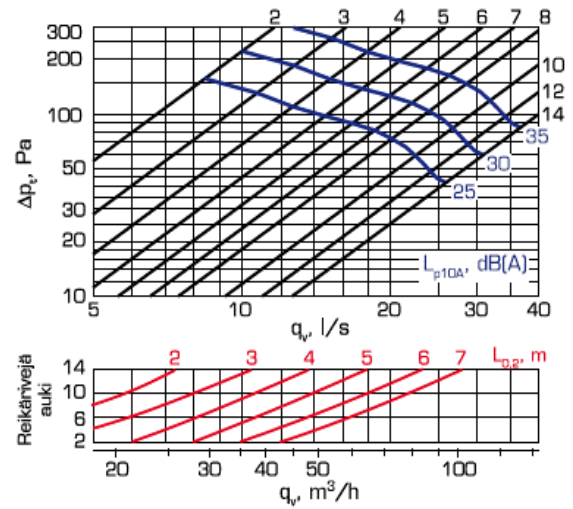
### ilmanvaihtosuunnittelu

- ☐ ilmavirrat
- ☐ lisäilmanvahtokoneen tarve
- ☐ äänitasot
- ☐ huonekohtaisen äänenvaimennuksen tarve
- ☐ ilmanvaihdon tasapainotus
- ☐ tilakohtaiset erityistarpeet
  - ☐ kohdepoistot
  - ☐ purunpoisto
  - ☐ ATEX-laitteet
  - ☐ keittiösuunnittelu laitteiden mukaan

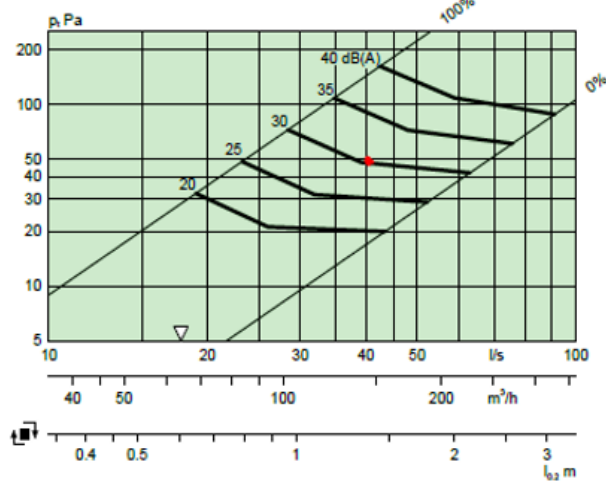
## Liite 3. Venttiilien säätökäyrät



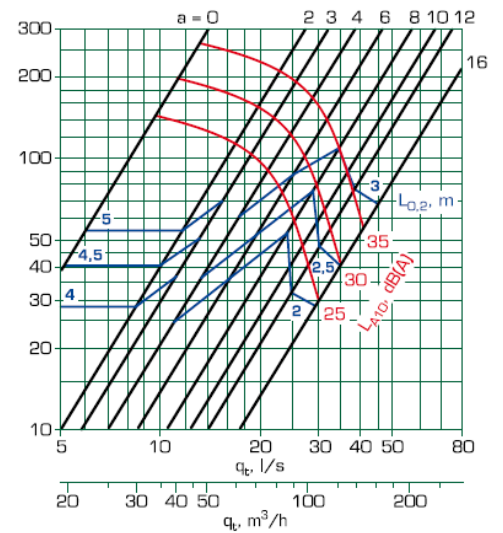
STQA 100 C (Fläktwoods 2015)



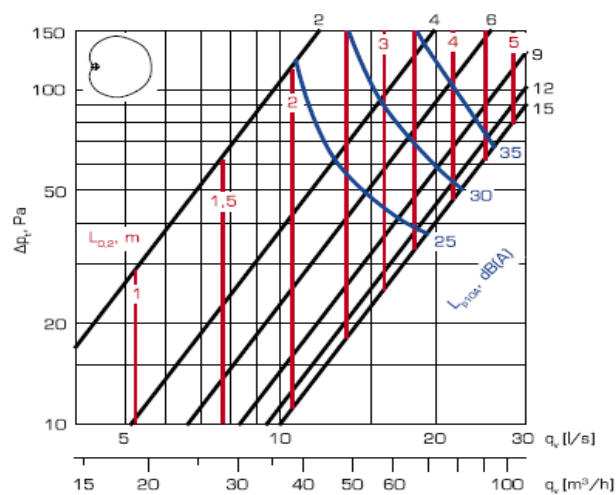
STQA 125 (Fläktwoods 2015)



EAGLE 125 (Swegon 2017)

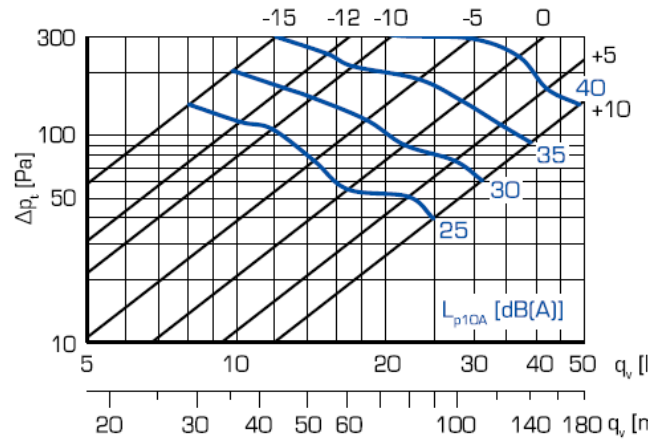


STI 125 C (Fläktwoods 2016)

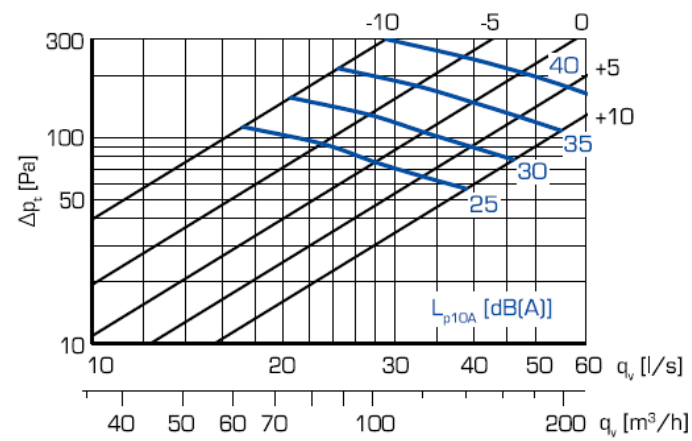


KTS 100 suuntauslevyllä (Fläktwoods 2017)

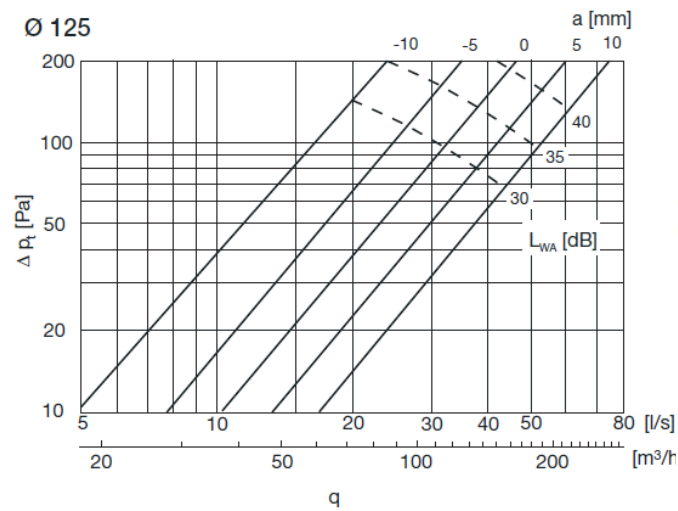




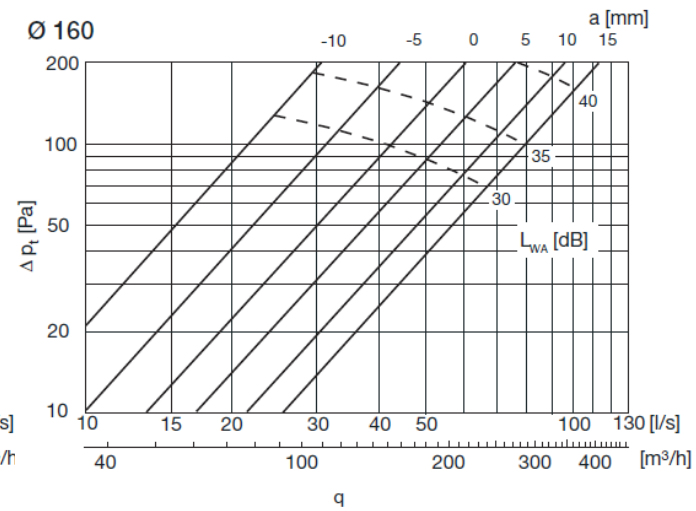
KSO 100 (Fläktwoods 2016)



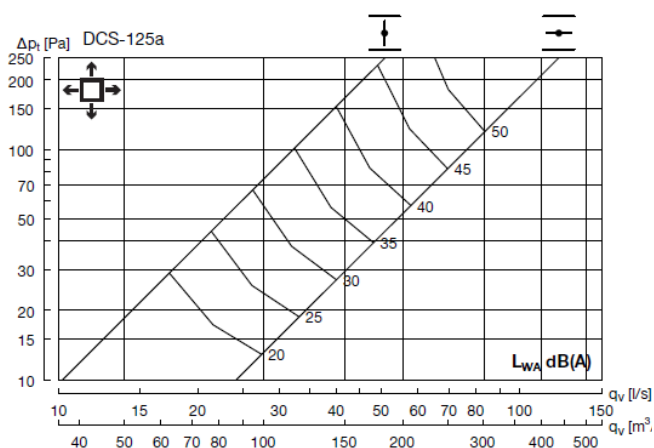
KSO 125 (Fläktwoods 2016)



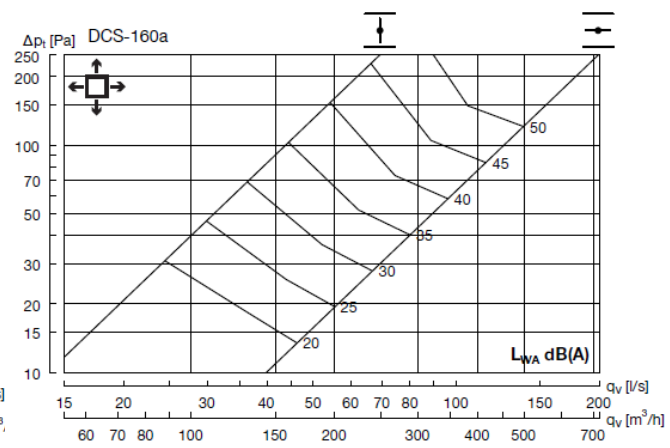
KSU 125 (Lindab 2016)



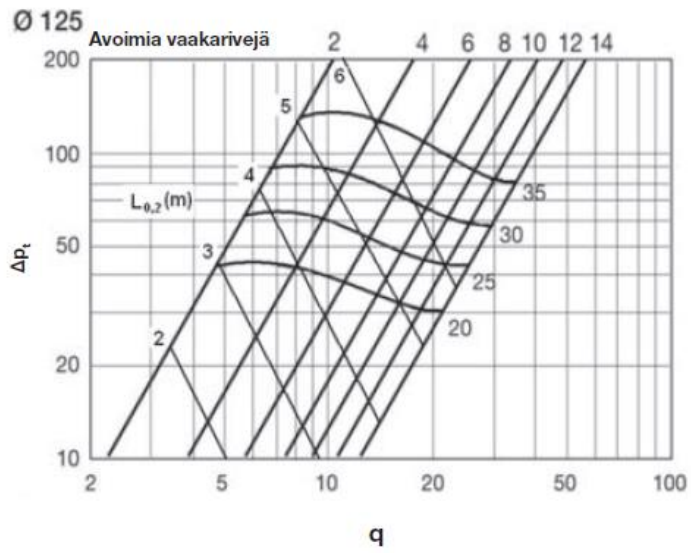
KSU 160 (Lindab 2016)



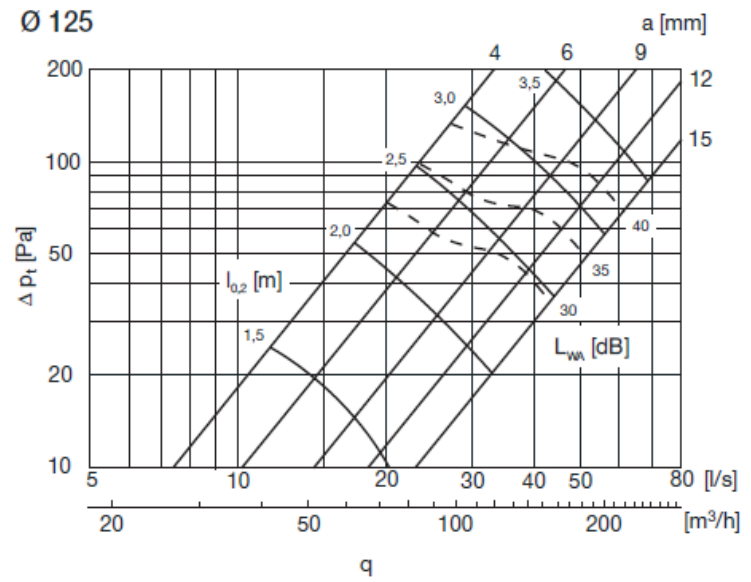
DCS 125 (Lindab 2013)



DCS 160 (Lindab 2013)



SHH 125 (Lindab 2016)



KIR 125 (Lindab 2016)